

ELS OLIS ESSENCIALS:

Propietats i Aplicacions en Conservació-Restauració

1

Autora: Jenifer Obama Nguema

Treball Final de Grau

Grau de Conservació-Restauració de Béns Culturals

Tutora: Ester Martínez Gil

Curs: 2019-2020

RESUM

Aquest projecte explora les possibilitats de l'ús d'olis essencials com a alternativa verda en enfront dels biocides tradicionals utilitzats en el camp de conservació-restauració. En primer lloc, es descriurà amb detall que és un oli essencial i les seves propietats biològiques com a biocides. En segon lloc, es troba una revisió bibliogràfica on es recullen molts dels estudis que s'han realitzat amb l'objectiu d'investigar les aplicacions dels olis essencials en l'àmbit de la conservació-restauració. Per últim, es pot consultar la documentació d'unes proves realitzades amb l'objectiu de saber si l'oli essencial de farigola deixa residus sobre el paper.

Paraules clau: olis essencials, COVs, biocides, biodeterioració del patrimoni cultural, residu d'olis essencials en paper

ABSTRACT

This project explores the possibilities of using essential oils as a green alternative to traditional biocides used in the field of conservation-restoration. First, it will be described in detail what is an essential oil and its biological properties as biocides. Secondly, a bibliographic review can be found which includes many of the studies that have been carried out to investigate the applications of essential oils in the field of conservation-restoration. Finally, you can consult the documentation of some tests carried out in order to know if the essential oil of thyme leaves residue on the paper.

Key words: essential oils, VOCs, biocides, biodeterioration of cultural heritage, residue of essential oils on paper

ÍNDEX

1.	Introducció	4
1.1	Motivació, finalitat i objectius	4
1.2	Metodologia	5
2	Part teòrica: Els olis essencials.....	6
2.1	Definició d'oli essencial.....	6
2.2	Funció dels olis essencials a la natura.....	7
2.3	Matèria primera dels olis essencials: les plantes	7
2.4	Mètodes d'obtenció dels olis essencials.....	11
2.5	Tipus d'olis essencials	12
2.6	Composició química dels olis essencials	13
2.7	Propietats biològiques dels olis essencials	21
3	Part teòrica: Utilització dels olis essencials en conservació-restauració.....	40
3.1	Control de la biodeterioració dels béns culturals: Revisió d'articles.....	40
3.2	Altres aplicacions dels olis essencials en conservació restauració.....	49
4	Conclusions de la part teòrica	50
5	Part experimental: Determinació del residu d'oli en paper.....	53
5.1	Introducció	53
5.2	Plantejament de la investigació	53
5.3	Hipòtesis.....	53
5.4	Cromatografia de gasos per identificar components dels olis essencials	54
5.5	Metodologia	58
5.6	Resultats de la determinació del residu d'oli de farigola sobre paper	59
6	Conclusions de la part experimental	62
7	Conclusions finals del treball	63
8	Annexos	65
	Taules d'informació sobre els olis essencials que s'han provat en béns culturals.....	65
9	Bibliografia.....	74

1. INTRODUCCIÓ

1.1 MOTIVACIÓ, FINALITAT I OBJECTIUS

La motivació per fer aquesta investigació sorgeix per una preocupació personal sobre l'aplicació de pràctiques més sostenibles en l'àmbit de la conservació-restauració. Aquesta preocupació em va portar a fer una recerca de les investigacions i projectes que s'estan duent a terme amb l'objectiu de fer una transició cap a l'ús de procediments i materials menys tòxics i respectuosos amb el medi ambient en aquest àmbit.

Aquesta recerca em va portar a conèixer diversos projectes molt interessants, un d'ells va ser un estudi l'autoria principal del qual correspon a la doctora Sofia Borrego (Borrego, Saravia, Valdés, & Guiamet, 2016), en el qual s'avalua la capacitat com a biocida de solucions d'olis essencials de clau i d'all en una dissolució d'etanol al 70% en aigua, enfront de diverses espècies fúngiques que afecten habitualment les peces de paper (*Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium sp.*).

També, es compara la capacitat com a biocida d'aquest tractament amb la d'altres tractaments biocides, com dissolucions d'etanol en aigua al 70%, o Miconazole al 2%, que és un antifúngic. Els resultats d'aquest estudi van determinar que el tractament més efectiu per eliminar els fongs era la dissolució d'oli essencial d'all i el menys efectiu la dissolució d'aigua i etanol al 70%.

Aquest estudi, per una banda, va despertar el meu interès en l'ús dels olis essencials com a mètode alternatiu per afrontar la biodeterioració, a causa dels avantatges que presenta respecte als biocides tradicionals, tant pel que fa al seu baix impacte ambiental i la seva baixa toxicitat, com pel que fa a la seva efectivitat com a biocida. Per altra banda, em va portar a preguntar-me si els olis essencials deixen residus als suports on s'apliquen, ja que en aquest cas, aquests residus podrien tenir el potencial d'afectar el suport, o si en cas contrari s'evaporen completament.

Per aquest motiu vaig decidir, buscar i recopilar informació sobre els olis essencials, composició química, propietats biològiques i aplicacions al camp de la conservació-restauració, i a més, fer un assaig amb l'objectiu de determinar si un dels olis essencials que ha demostrat tenir efectes com a biocides per a la desinfecció de paper, l'oli essencial de farigola, deixa residu sobre el paper després d'un temps determinat. He triat aquest oli essencial perquè, a diferència d'altres, no s'ha investigat el seu efecte sobre els suports de paper.

La finalitat d'aquest treball és mostrar l'ampli ventall d'aplicacions que ofereixen els olis essencials al camp de la conservació-restauració i compartir el procediment que s'ha seguit per tractar de contestar a la pregunta de si els olis essencials deixen residus al suport de paper.

Els objectius que m'he proposat per assolir aquesta finalitat han estat els següents:

- ❖ Definir les característiques dels olis essencials, que són, quina és la seva funció a la natura, d'on i de quina manera s'obtenen, quins tipus d'olis essencials existeixen, i quines són les seves composicions químiques i propietats biològiques.
- ❖ Realitzar una revisió bibliogràfica de les aplicacions que tenen els olis essencials al camp de la conservació-restauració.
- ❖ Determinar el residu de compostos orgànics volàtils (COVs) que deixa l'oli essencial de farigola sobre una mostra de paper, i comprovar si aquest residu disminueix amb el pas del temps.

1.2 METODOLOGIA

El treball es divideix en dos grans apartats, el primer és la part teòrica, que ha estat el treball més enfocat en la recerca de les característiques i aplicacions al món de la conservació-restauració dels olis essencials, el segon apartat és la part experimental, que comprèn el treball d'investigació realitzat amb l'objectiu de determinar el residu d'oli essencial de farigola al paper. Al final de cada gran apartat figuren les conclusions que s'han extret, i per últim es recullen les conclusions globals del treball, el qual s'organitza de la següent manera:

A la primera part del treball es pot trobar informació general sobre els olis essencials, que són, quina funció tenen, quin tipus d'olis essencials hi ha, d'on s'obtenen, i de quina manera s'obtenen.

A continuació s'explica la composició química dels olis essencials, la qual és complexa, a causa de la gran quantitat de components químics que posseeixen i la seva variabilitat en funció de l'espècie de la planta d'on s'han extret.

El següent gran apartat pretén donar força informació respecte de les propietats biològiques conegudes dels olis essencials que poden ser d'interès en el camp de la conservació-restauració, que són les seves propietats biològiques com a agents antibacterians, antifúngics, i com a repel·lents d'insectes.

Seguidament, es troba una revisió d'articles d'investigació on s'han estudiat les aplicacions dels olis essencials en el camp de la conservació-restauració, els articles estan classificats en funció del tipus de material en què s'ha focalitzat l'estudi, per exemple, béns documentals, de fusta, pedra, tèxtil, etc.

Al penúltim apartat, s'exposa una investigació realitzada amb l'ajut i tutorització d'en Ricardo Suárez de la Vega i la Ruth Sadurní, químics del Centre de Restauració de Béns Mobles de Catalunya. La investigació té com a objectiu determinar si queda algun tipus de residu al suport de paper després d'aplicar olis essencials. En primer lloc, figuren el plantejament i la hipòtesi de la investigació, seguidament s'explica com es realitza una anàlisi d'olis essencials mitjançant cromatografia de gasos acoblada a espectrometria de masses, i per últim, la metodologia emprada i els resultats obtinguts.

En últim lloc, es recullen les conclusions obtingudes a partir del treball de recerca i d'experimentació que s'ha realitzat.

2 PART TEÒRICA: ELS OLIS ESSENCIALS

2.1 DEFINICIÓ D'OLI ESSENCIAL

L'organització internacional d'estandardització (ISO) defineix un oli essencial com un producte obtingut a partir d'una matèria primera natural d'origen vegetal. Els mètodes d'obtenció són: destil·lació al vapor, processos mecànics a partir de l'epicarpi de cítrics, i destil·lació seca, la qual es realitza després de la separació de la fase aquosa, si n'hi ha, mitjançant processos físics (ISO, 2013).

Els olis essencials són mesclades de substàncies obtingudes de les plantes, que presenten com a característiques principals la seva complexa composició química i el seu caràcter fortament aromàtic (en referència al concepte d'aroma i no al concepte químic d'aromaticitat). Es coneixen al voltant de 4000 olis essencials diferents, no totes les plantes contenen aquestes substàncies, i n'hi ha que presenten una concentració tan baixa que fa impossible la seva obtenció pràctica (Sánchez, 2006). Acostumen a ser líquids, la majoria són incolors i de caràcter volàtil, però també n'hi ha molt viscosos o semisòlids, denominats bàlsams (per exemple, el bàlsam del Perú o el bàlsam de Tolú) o oleoresines, com la de pebre roig, la de paprika o el xiclet (Martínez, 2003).

Es creu que el terme oli essencial va ser introduït al segle setze per Paracelsus von Hohenheim, un investigador suís, qui va anomenar "Quinta essentia" al component d'un fàrmac que contenia olis essencials. Avui dia, les dues paraules (oli i essencial) fan referència als majors atributs d'aquestes substàncies, per una banda, es consideren essències a causa de la seva capacitat aromàtica, i per altra banda, són líquids solubles en olis i greixos (Sánchez, 2006).

Tot i anomenar-se olis essencials, no s'han de confondre amb els olis fixes, com l'oli d'oliva. Els olis essencials difereixen dels olis fixos, tant pel que fa a la seva composició química, com pel que fa a les seves propietats físiques.

Pel que fa a la composició, els olis essencials contenen compostos volàtils aromàtics, mentre que els olis fixos són èsters d'àcids grassos més elevats (àcid oleic, palmític, esteàric) i glicerines. Respecte a les propietats físiques, els olis essencials no deixen taques en evaporar-se, a diferència dels olis fixos, els quals deixen una taca permanent en evaporar-se (Raj & Raveendran, 2019).

2.2 FUNCIÓ DELS OLIS ESSENCIALS A LA NATURA

La seva funció a la natura continua essent investigada, però s'han recol·lectat proves de què els organismes produeixen olis essencials com a part del seu metabolisme secundari, amb motius d'autodefensa, o per a realitzar els mecanismes de senyalització cel·lular que es donen a les cèl·lules de les plantes, i també dels animals, els quals estan involucrats en la comunicació cel·lular dins de les plantes (Berger, 2007).

Pel que fa a l'autodefensa de la planta, hi ha olis essencials que actuen com a repel·lents contra insectes o altre tipus d'organismes. Existeixen olis essencials molt tòxics, i molts presenten característiques bactericides i desinfectants. Per altra banda, es planteja la teoria de què hi ha olis essencials que poden atraure insectes beneficiosos per a la planta, o bé que aquest tipus de substàncies són subproductes de les reaccions del metabolisme de la planta, com si fossin subproductes de rebuig que es produeixen mentre la planta realitza les seves funcions vitals bàsiques (Sánchez, 2006).

Una altra teoria reivindica que els olis essencials són produïts en períodes de letargia de la planta amb la finalitat de mantenir el seu sistema enzimàtic actiu. Excepte per a uns pocs olis essencials amb efectes clarament definits, per a la gran majoria no hi ha una explicació objectiva del perquè de la seva producció per part de planta (Sánchez, 2006).

2.3 MATÈRIA PRIMERA DELS OLIS ESSENCIALS: LES PLANTES

Sovint quan es parla d'un oli essencial, es diu el nom de la flor o fruit d'on s'ha extret. Es diu per exemple: oli essencial de lavanda, no obstant això, la lavanda és el nom comú que s'utilitza per designar un gènere de plantes que conté fins a 60 espècies diferents, i la quantitat i propietats de l'oli essencial extret de cadascuna d'aquestes espècies pot variar.

Els olis essencials són extractes purs que s'obtenen d'una matèria primera vegetal, les plantes, generalment les plantes amb propietats aromàtiques, com per exemple, l'alfàbrega, el romaní, la menta, etc., són les que concentren una major quantitat d'essències i per tant, són les més utilitzades. Per tal de caracteritzar correctament un oli essencial cal saber totes les característiques de la planta de la qual procedeix, ja que l'espècie de la planta, l'òrgan de la planta del qual s'extreu (fulles, flors, fruits, etc.), i, fins i tot, el mètode d'extracció determinen les propietats fisicoquímiques finals del producte.

Una planta és un organisme eucariota, pluricel·lular i predominantment fotosintètic que queda classificat dins del regne Plantae, dins d'aquest regne els diferents organismes que formen part d'aquest rang es classifiquen en altres rangs, com poder ser l'ordre, família, gènere o espècie. Aquest sistema de classificació dels organismes és el que en biologia s'anomena taxonomia biològica, el qual està compost per taxons (rangs) jerarquitzats, els quals, en ordre de més general a més particular, s'anomenen de la següent manera: Domini, Regne, Tall o Divisió, Classe, Ordre, Família, Gènere, Espècie.

A continuació es mostra una taula amb algunes de les espècies de plantes més representatives pel que fa a l'extracció d'olis essencials, a la qual figura la seva classificació taxonòmica i el nom comú amb què es designen habitualment. He inclòs el nombre d'espècies totals reconeguts actualment de cada gènere de plantes per tal d'obtenir una millor perspectiva de la quantitat de variabilitat que pot haver-hi dins d'un únic gènere de plantes. A la part inferior es mencionen les característiques generals d'aquesta família de plantes, i la part o òrgan de la planta de la qual s'extreuen alguns dels olis essencials més comuns.

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per OE	Espècies totals	Nom comú
Sapindales	Rutaceae	Citrus	<i>Citrus × limon</i> (híbrid)	Quantitat	Llimona
			<i>Citrus × sinensis</i> (híbrid)	Indeterminada	Taronja o
				6 espècies	Neroli
			<i>Citrus × aurantium</i> (híbrid)	reals, la resta	Petitgrain
			<i>Citrus × bergamia</i> (híbrid)	són híbrids.	Bergamota
		<i>Citrus medica</i>			Poncem

Característiques de la família:

Les rutàcies comprenen tots els cítrics, La família de les rutàcies engloba unes 2000 espècies, repartides en 150 gèneres diferents. Aquests arbres prefereixen les regions tropicals o subtropicals.

Part de la planta utilitzada:

La seva essència s'extreu dels fruits i les fulles. Per exemple, l'oli essencial de la llimona es pot extreure tant de la planta sencera com del flavedo (capa exterior del fruit). El de taronja es pot extraure del flavedo o de les flors del taronger, i en aquest cas, s'anomena oli essencial de Neroli. El petitgrain, s'extreu de les fulles i branques verdes de la planta de taronja amarga (Sánchez, 2006). L'oli essencial del poncem o naronja s'obté tant de les fulles com de la pell (Bhuiyan, Begum, Sardar, & Rahman, 2009).

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per OE	Espècies totals	Nom comú
Pinales	Pinaceae	Cedrus	<i>Cedrus atlantica</i>	4	Cedre
		Abies	<i>Abies nephrolepis</i>	55	Avet
		Pinus	<i>Pinus sylvestris</i>	Aprox.110	Pi
		Tsuga	<i>Tsuga canadensis</i>	8-10	Tsuga

Característiques de la família:

Les pinàcies són coníferes que emeten fragàncies fortes de l'escorça o les fulles, amb canals de resina en la fusta i les fulles, les quals són lineals o com agulles en general.

Part de la planta utilitzada:

Les essències d'aquests arbres solen trobar-se en les acícules (les fulles) i la resina del seu tronc. No obstant això, també és possible trobar-les en les seves gemmes i cons. Per exemple, l'oli essencial del cedre s'extreu de la fusta, i el de l'avet Siberià (*Abies sibirica*) s'extreu de les acícules (Sánchez, 2006).

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per OE	Espècies totals	Nom comú
Apiales	Apiaceae	Angelica	<i>Angelica archangelica</i>	116	Angèlica
		Coriandrum	<i>Coriandrum sativum</i>	2	Coriandre
		Foeniculum	<i>Foeniculum vulgare</i>	1	Fonoll
Característiques de la família:					
Apiaceae és una família de plantes herbàcies i arbustos que solen tenir resines i alcaloides, les de terrenys secs amb major abundància de gomoresines, i les de terrenys humits, d'alcaloides.					
Part de la planta utilitzada:					
Les essències es troben en les seves arrels, fulles o fruits.					

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per OE	Espècies totals	Nom comú
Cupressales	Cupressaceae	Cupressus	<i>C. sempervirens</i>	16-25	Xiprer
		Juniperus	<i>Juniperus communis</i>	50-67	Ginebre
Característiques de la família:					
La família Cupressaceae és molt similar a la de les pinàcies (Pinales).					
Part de la planta utilitzada:					
L'oli essencial d'aquestes plantes s'extreu principalment de la resina dels arbres. L'oli essencial del xiprer s'extreu de les branques (Sánchez, 2006).					

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per OE	Espècies totals	Nom comú
Ericales	Ericaceae	Gaultheria	<i>G. Procumbens</i>	144	Gaultheria
		Rhododendron	<i>Rhododendron tomentosum</i> , <i>Rhododendron groenlandicum</i> , <i>Rhododendron neoglandulosum</i>	>1000	Te de labrador
Característiques de la família: La família Ericaceae conté dues plantes emprades per fer olis essencials per les seves propietats terapèutiques: la gaultheria i el te de labrador. Les ericàcies són, majoritàriament, plantes herbàcies que podem trobar en regions temperades o fredes, tant a gran altitud com en zones tropicals.					
Part de la planta utilitzada: L'oli essencial de Gaultheria s'obté per destil·lació al vapor de les fulles després de la maceració amb aigua calenta.					

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per OE	Especies totals	Nom comú
Lamiales	Lamiaceae	Lavandula	<i>Lavandula angustifolia</i>	60	Lavanda
		Mentha	<i>Mentha x piperita (híbrid)</i>	13-18	Menta
		Thymus	<i>Thymus vulgaris</i>	215-310	Farigola
		Salvia	<i>Salvia rosmarinus</i>	Aprox. 840	Romaní
Característiques de la família: Molt sovint són plantes aromàtiques i riques en olis essencials. La majoria són arbustos i rarament arbres o lianes.					
Part de la planta utilitzada: L'essència d'aquestes plantes es troba en les seves tiges i fulles. En el cas de l'oli essencial de menta i de farigola s'utilitza la planta sencera, pel que fa a la lavanda, s'utilitza la summitat florida. ¹ El de romaní, s'extrau de la planta sencera amb flor (Sánchez, 2006).					

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per OE	Espècies totals	Nom comú
Asterales	Asteraceae	Matricaria	<i>Matricaria chamomilla</i>	21	Camamilla
		Artemisia	<i>Artemisia dracunculus</i>	474	Estragó
		Semprevivum	<i>Semprevivum tectorum</i>	30	Matafoc
Característiques: Les Asteraceae constitueixen la família més gran del regne vegetal. La seva distribució també és molt diversa, ja que creixen en tots els continents i sota qualsevol clima. Aquestes plantes solen ser herbàcies o arbusts. La majoria produeixen essències conegudes per la diversitat dels seus components bioquímics.					
Part de la planta utilitzada: La camamil·la s'extreu de la flor seca.					

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per OE	Especies totals	Nom comú
Geraniales	Geraniaceae	Geranium	<i>Geranium robertianum</i>	411	Gerani
		Pelargonium	<i>Pelargonium graveolens</i>	200	Gerani
Característiques de la família: Solen ser plantes herbàcies o arbusts, que normalment creixen en regions de climes temperats o subtropicals.					
Part de la planta utilitzada: La part de la planta utilitzada per extreure l'oli essencial als geranis són les fulles (Sánchez, 2006).					

¹ Àpex o extrem més alt de la planta amb flors o botons florals.

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per OE	Espècies totals	Nom comú
Zingiberales	Zingiberaceae	Cúrcuma	<i>Curcuma longa</i>	80	Cúrcuma
		Elettaria	<i>Elettaria cardamomum</i>	1	Cardamom
		Zingiber	<i>Zingiber officinale</i>	141	Gingebre

Característiques de la família:

La família Zingiberaceae és petita, i els seus olis essencials molt valuosos. Aquesta «petita» família reuneix gairebé 1500 espècies, generalment intertropicals, representades per plantes herbàcies que produeixen un oli essencial particular i molt prestigiós. No obstant això, la seva extracció és bastant difícil, per la que els olis essencials d'aquesta família són poc comuns.

Part de la planta utilitzada:

L'oli essencial de gingebre i cúrcuma s'obté dels rizomes (Torres, Moreno, Tamayo, Hermosilla, & Guillén, 2014), (Leyva, Ferrada, Martínez, & Stashenko, 2007).

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per EO	Especies totals	Nom comú
Laurales	Lauraceae	Laurus	<i>Laurus nobilis</i>	3	Llorer
		Cinnamomum	<i>Cinnamomum verum</i>	300	Canyella
			<i>Cinnamomum camphora</i>		Camforer

Característiques de la família:

Lauraceae també són una de les famílies botàniques més nombroses. Els arbustos i arbres que componen aquesta família són molt verds i es troben principalment en zones tropicals.

Part de la planta utilitzada:

Les seves essències s'obtenen de diferents parts de la planta (fulles, troncs, branques, arrels o fruits). Per exemple, l'oli essencial de canyella s'extreu de l'escorça (Sánchez, 2006).

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per EO	Especies totals	Nom comú
Myrtales	Myrtaceae	Eucalyptus	<i>Eucalyptus globulus</i>	700	Eucaliptus
		Melaleuca	<i>Melaleuca alternifolia</i>	236	Arbre de té
		Syzygium	<i>Syzygium aromaticum</i>	1150	Clau d'olor

Característiques de la família:

A aquesta gran família pertanyen unes 3000 espècies dividides en un centenar de gèneres. Les mirtàcies prefereixen les regions càlides i solen ser o arbres o arbustos.

Part de la planta utilitzada:

L'essència d'aquestes plantes es troba en les seves flors, gemmes, fulles o fruits. El clau d'olor o espècia, s'extrau dels botons florals de la planta (Sánchez, 2006).

Ordre	Família	Gèneres	Espècies habituals per OE	Espècies totals	Nom comú
Magnoliales	Annonaceae	Cananga	<i>Cananga odorata</i>	2	Ylang-Ylang

Característiques de la família:

Annonaceae és una família de plantes amb flors que són arbres, arbusts i rarament lianes. Amb unes 2.300 a 2.500 espècies i més de 130 gèneres, és la família més gran de l'ordre Magnoliales.

Part de la planta utilitzada:

L'oli essencial de l'Ylang Ylang s'extreu de la flor.

2.4 MÈTODES D'OBTENCIÓ DELS OLIS ESSENCIALS

Els olis essencials s'obtenen mitjançant diversos mètodes, atès que es troben en molt petita concentració en la planta, generalment són difícils d'obtenir, per la qual cosa és necessària una gran quantitat de material vegetal (que cal collir i recol·lectar), i si a això afegim el seu caràcter volàtil i susceptible de fàcil alteració, comprendrem el perquè del seu elevat preu.

2.4.1 Expressió

El material vegetal és espremut per alliberar l'oli i aquest és recol·lectat i filtrat. Aquest mètode d'extracció s'utilitza per al cas de les essències de cítrics (Martínez, 2003).

2.4.2 Destil·lació per arrossegament amb vapor d'aigua

La mostra vegetal, generalment fresca i tallada en trossos petits, es tanca en una cambra inerta, i és sotmesa a un corrent de vapor d'aigua sobreescalfat, l'essència així arrossegada és posteriorment condensada, recol·lectada i separada de la fracció aquosa. Amb aquest mètode s'obtenen essències fluides, i s'utilitza a escala industrial a causa del seu alt rendiment, la puresa de l'oli obtingut i perquè no requereix tecnologia sofisticada (Martínez, 2003).

2.4.3 Extracció amb solvents orgànics volàtils

La mostra, seca i mòlta, es posa en contacte amb solvents com ara alcohol, cloroform, etc. Aquests solvents solubilitzen l'essència, però també solubilitzen i extreuen altres substàncies com ara greixos i ceres. L'oli essencial que s'obté és una essència impura (Martínez, 2003). Els extractes obtinguts amb aquests tipus de dissolvents solen ser més foscos, ja que arriben a arrossegat alguns pigments, la seva solubilitat en alcohol diluït és menor i es recuperen molts compostos de tipus aromàtic (Peredo-Luna, Palou-Gràcia, & López-Malo, 2009). Aquest mètode d'extracció s'utilitza a escala de laboratori, ja que a escala industrial resulta costós pel valor comercial dels solvents, perquè s'obtenen essències impurificades amb altres substàncies, i a més pel risc d'explosió i incendi característics de molts solvents orgànics volàtils (Martínez, 2003).

2.4.4 Mètode d'enflorat o Enfleurage

El material vegetal (generalment flors) és posat en contacte amb un oli vegetal. L'essència és solubilitzada en l'oli vegetal que actua com a vehicle extractor. L'oli essencial obtingut és inicialment una barreja d'oli essencial i oli vegetal la qual és separada posteriorment per mitjans fisicoquímics. Aquest mètode d'extracció s'utilitza per a l'obtenció d'essències florals (rosa, gessamí, tarongina, etc.), però el seu baix rendiment i la difícil separació de l'oli extractor la fan costosa (Martínez, 2003).

2.4.5 Extracció amb fluids supercrítics

El material vegetal tallat en trossos petits, líquat o mòlt s'empaca en una càmera d'acer inoxidable i es fa circular a través de la mostra un líquid supercrític (per exemple diòxid de carboni líquid), les essències són així solubilitzades i arrossegades i el líquid supercrític que actua com a solvent extractor s'elimina per descompressió progressiva fins a assolir la pressió i temperatura ambient. L'oli essencial obtingut és una essència pura. Aquest mètode d'extracció s'utilitza amb poca assiduitat, tot i que presenta diversos avantatges com un rendiment alt i les baixes temperatures utilitzades per a l'extracció no canvien químicament els components de l'essència. No obstant això, l'equip requerit és relativament costós (Martínez, 2003).

2.5 TIPUS D'OLIS ESSENCIALS

Els olis essencials es poden classificar amb base a diferents criteris, com són la seva consistència, l'origen o la seva composició química. En funció de la seva consistència poden ser essències fluides, bàlsams o oleoresines. Segons el seu origen els olis essencials es classifiquen com naturals, artificials i sintètics.

En funció de la seva consistència:

2.5.1 Essències fluides

Són líquids volàtils a temperatura ambient. Són essències fluides, les d'alfàbrega, calèndula, citronella, romaní, farigola, menta, sàlvia i llimona (Martínez, 2003).

2.5.2 Bàlsams

Són solucions de resines de plantes en olis essencials. Aquestes resines poden incloure àcids de resina, èsters o alcohols. L'exsudat és un líquid mòbil o altament viscos, i sovint conté partícules de resina cristal·litzades. Amb el temps i a conseqüència d'altres influències, l'exsudat perd els seus components líquids o es converteix químicament en un material sòlid, mitjançant l'autooxidació (Fiebach & Grimm, 2007). Són poc volàtils i propensos a patir reaccions de polimerització. Són bàlsams, el bàlsam de copaiba, del Perú, de Tolú, Benjuí, etc. (Martínez, 2003).

2.5.3 Oleoresines

Estan constituïdes per olis essencials, resines orgànicament solubles i altres materials relacionats, com àcids grassos no volàtils. La quantitat de lípids depèn de la matèria primera i el dissolvent usat en l'extracció (Peredo-Luna, Palou-Garcia, & López-Malo, 2009). Tenen l'aroma de les plantes en forma concentrada i són típic. Les oleoresines són líquids molt viscosos o substàncies semi sòlides, alguns exemples són: cautxú, gutaperxa, xiclet, balata, oleoresina de pebre vermell, de pebre negre, de claveller, etc. (Martínez, 2003).

En funció del seu origen:

2.5.4 Naturals

Els olis essencials naturals s'obtenen directament de la planta i no pateixen modificacions físiques ni químiques posteriors, a causa del seu rendiment tan baix són molt costoses (Martínez, 2003).

2.5.5 Artificials

Els olis essencials artificials s'obtenen a través de processos d'enriquiment de la mateixa essència amb un o diversos dels seus components, per exemple, la barreja d'essències de rosa, gerani i gessamí enriquida amb linalol, o l'essència d'anís enriquida amb anetol (Martínez, 2003).

2.5.6 Sintètics

Els olis essencials sintètics com el seu nom indica són els produïts per la combinació dels seus components, els quals la majoria de les vegades són produïts per processos de síntesi química. Són més econòmics, i per tant, més utilitzats com aromatitzants i saboritzants (Martínez, 2003).

2.6 COMPOSICIÓ QUÍMICA DELS OLIS ESSENCIALS

Els olis essencials són mesclades de multitud de substàncies, un oli essencial pot arribar a ser una mescla de més de 100 substàncies químiques distintes que es troben en diferents proporcions, i que en conjunt proporcionen a cada oli essencial de les seves característiques pròpies. Actualment es coneixen més de 2000 components dels olis essencials.

Els components majoritaris dels olis essencials habitualment són els terpens i els terpenoides. Els terpens són una família d'hidrocarburs, els quals generalment són inodors o contribueixen molt poc a l'aroma global, constitueixen la base diluent de l'oli essencial, els hi confereixen el seu caràcter volàtil i inflamable, i les seves propietats físiques (densitat, viscositat, etc.). Els terpenoides són derivats dels terpens que contenen oxigen, els quals es poden trobar en major o menor proporció en funció del tipus d'oli essencial, a diferència dels terpens, els terpenoides si contribueixen a l'aroma global dels olis essencials.

Les substàncies responsables de l'aroma característic dels olis essencials, representen els components minoritaris, aquests components poden ser terpenoides o altres tipus de compostos els quals queden englobats en les següents famílies químiques: aldehids, àcids, alcohols, fenols, èsters, cetones, èters, derivats nitrogenats, sulfurs, tioèters i tioèsters.

2.6.1 Components majoritaris: Terpens i Terpenoides

Els terpens són hidrocarburs que originalment es van trobar a l'oli de trementina i que estan compostos fonamentalment per alquens. La combinació de les paraules "terpentine" (com s'anomenava antigament a la trementina en anglès) i "alquens" és el motiu pel qual es va anomenar terpens a aquests compostos. Els terpens són un grup molt heterogeni i molt gran de compostos químics que es produeixen naturalment com a ingredients secundaris en els organismes principalment d'origen vegetal, i rarament animal.

Es va descobrir que no tots els terpens eren alquens, ni tan sols hidrocarburs, sinó que hi havia terpens que eren aldehids, cetones, èsters, i altres grups funcionals. Per aquest motiu, es va començar a designar amb el nom de terpenoides a tots aquells derivats dels terpens que havien estat modificats químicament per oxidació o reorganització de l'esquelet hidrocarbonat.

A vegades s'utilitzen ambdós termes (terpens i terpenoides) indistintament, no obstant al compendi de terminologia química de la Unió Internacional de Química Pura i Aplicada (IUPAC) només s'inclouen hidrocarburs entre els terpens, mentre que tots els derivats d'isoprè que contenen oxigen es consideren terpenoides.

2.6.1.1 Classificació de terpens i terpenoides

Tots els terpens i terpenoides (als quals també se'ls denomina com a isoprenoides) presenten la característica comuna de ser molècules que es poden formar unint molècules d'isoprè (2 metil 1,3 butadien).

Com l'isoprè té 5 àtoms de carboni, terpens i terpenoides presenten a la seva molècula un nombre de carbonis múltiple de 5 (a excepció d'aquells que poden perdre algun àtom de carboni per diferents processos). Es classifiquen segons els àtoms de carboni que té la molècula.

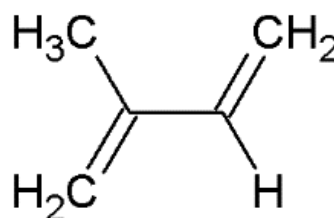


Fig. 1 Estructura química d'una molècula d'isoprè (Jenifer Obama, 2020 ©).

Nombre d'àtoms de Carboni	Denominació
10	Monoterpens o Monoterpenoides ²
15	Sesquiterpens o Sesquiterpenoides
20	Diterpens o Diterpenoides
25	Sesterpens o Sesterpenoides
30	Triterpens o Triterpenoides
40	Tetraterpens o Tetraterpenoides
>40	Politerpens o Politerpenoides

Els olis essencials consisteixen en un 90% de molècules de monoterpens i monoterpenoides, cosa que permet una gran varietat d'estructures i funcions. Els sesquiterpens i sesquiterpenoides també són presents als olis essencials, però en menor proporció.

En funció de la planta d'on s'ha obtingut l'oli essencial, poden predominar un tipus de terpens o altres. Així doncs, se sap que a les plantes dels ordres Ranunculals, Primulals i Violales, abunden els monoterpens, mentre que a les plantes dels ordres Sapindales (antigament anomenada Rutales) i Magnoliales abunden els sesquiterpens. Per altra banda, l'edat de la planta influeix en la seva producció de terpenoides, les plantes joves normalment produeixen terpens (hidrocarburs), i a mesura que envelleixen produeixen cada cop més terpenoides que contenen oxigen, com ara alcohols, aldehids i cetones (Sánchez, 2006).

De manera molt generalitzada, es poden classificar els olis essencials segons seus components majoritaris. Així doncs, els olis essencials rics en monoterpens es denominen olis essencials monoterpenoides (ex. menta, alfàbrega, sàlvia, etc.), els rics en sesquiterpens s'anomenen olis essencials sesquiterpenoides (ex. copaiba, pi, juníper, etc.), i, per exemple els olis essencials que són rics en fenilpropans s'anomenen fenilpropanoids (ex. clau, canyella, anís, etc.) (Martínez, 2003).

Els fenilpropanoids són olis essencials que "contenen un anell de benzè, alguns d'aquests compostos com el p-cimè, són terpens cíclics aromatitzats, però la majoria d'ells no són terpènics. Molts compostos aromàtics són fenilpropanoides, és a dir, estan formats per l'esquelet de fenilpropà" (Ocampo, Ríos, Betancur, & Ocampo, 2008).

² Els monoterpens i monoterpenoides contenen el **prefix mono** perquè van ser els primers terpenoides aïllats de la trementina a l'any 1850, per aquest motiu es van considerar la unitat base a partir de qual es va fer la resta de la nomenclatura.

2.6.1.2 Exemples de terpens habituals als olis essencials

2.6.1.2.1 Limonè (R-(+)-Limonè i S-(-)-Limonè)

El limonè és un compost cíclic format per alquens que es troba als olis essencials de llimona i taronja. Igual que molts altres terpens i terpenoides, presenta un carboni asimètric, a conseqüència del qual existeixen dos isòmers òptics³: R-(+)-limonè (responsable de l'olor de taronja) i S-(-)-limonè (responsable de l'olor de llimona) (Burnham, 2008). El limonè és un monoterpè, compta amb 10 àtoms de carboni, té una estructura molecular que pot formar-se mitjançant dues molècules d'isoprè.

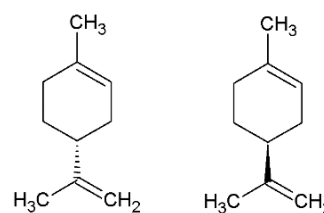


Fig.2 Representació de l'estructura química dels dos isòmers del limonè: R-(+)-limonè (imatge de l'esquerra) i S-(-)-limonè (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.1.2.2 Zingiberè

El zingiberè és un sesquiterpè monocíclic, compta amb 15 àtoms de carboni. És el component predominant de l'oli de gingebre (*Zingiber officinale*), del qual rep el seu nom i és el compost responsable del seu distintiu aroma.

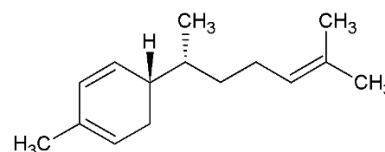


Fig. 3 Representació de l'estructura química del zingiberè (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.1.3 Exemples de terpenoides habituals als olis essencials

2.6.1.3.1 Citral (Geranial i Neral)

El citral és una substància que es troba als olis essencials de taronja i llimona formada per dos terpenoides que són isòmers geomètrics⁴, un anomenat Geranial o Citral A, i l'altre anomenat Neral o Citral B. Tots dos terpenoides són aldehids perquè tenen un grup formil. Són monoterpènoïdes perquè compten amb 10 àtoms de carboni.

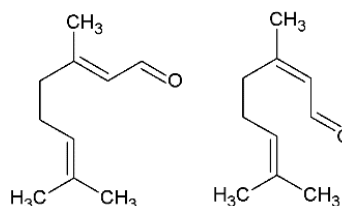


Fig. 4 Representació de l'estructura química dels dos isòmers del citral: Geranial (imatge de l'esquerra) i Neral (imatge de la dreta) (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.1.3.2 Pàtxulol

El pàtxulol és un sesquiterpenoide i un alcohol que es troba a l'oli essencial de pàtxuli, d'on prové el seu nom. El pàtxuli és una espècie de planta del gènere *Pogostemon* dins la família de les *Labiades*.

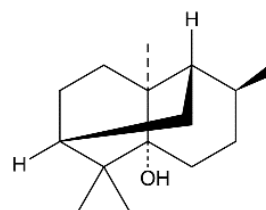


Fig.5 Representació de l'estructura química del pàtxulol (Cayman Chemical, s.f.)

³ **Isomeria òptica:** Existeixen molècules que coincideixen en totes les seves propietats excepte en la seva capacitat de desviar el pla de llum polaritzada. Són els anomenats isòmers òptics. Un d'ells desvia la llum cap a la dreta, i es designa (+), o dextrogir, mentre que l'altre la desvia en igual magnitud però cap a l'esquerra, i es designa (-) o levogir.

⁴ **Isomeria geomètrica:** La Isomeria geomètrica la presenten substàncies que amb la mateixa estructura tenen una diferent distribució espacial dels seus àtoms.

2.6.2 Components minoritaris

Els components minoritaris són aquells que es troben als olis essencials en menor proporció. Aquesta proporció és variable en funció del tipus d'oli essencial que s'estigui estudiant. Aquests components són els responsables de l'aroma característic que posseeixen els olis essencials, i poden ser terpenoides o altres tipus de compostos químics, com aldehyds aromàtics, al·lil benzens, etc.

Per tal de classificar-los, se'ls divideix en funció de la família química a la qual pertanyen, així doncs, es pot trobar components minoritaris dels olis essencials que pertanyin a les següents famílies químiques: alcohols, aldehyds, àcids, fenols, èsters, cetones, èters, derivats nitrogenats i compostos del sofre (sulfurs, tioèters i tioèsters).

2.6.2.1 Aldehyds

Un aldehyd és un compost que conté un grup funcional amb l'estructura $-CHO$, format per un centre carbonílic (un carboni unit per doble enllaç a l'oxigen) amb l'àtom de carboni també unit a un hidrogen i a un grup R, que pot ser qualsevol alquil genèric o una cadena lateral. El grup, sense R, és el grup aldehyd, també conegut com el grup formil. "Els aldehyds són responsables de moltes olors i sabors" (Slovak University of Technology in Bratislava). Alguns dels aldehyds que és comú trobar als olis essencials són els següents (Sánchez, 2006):

2.6.2.1.1 Aldehyd cinàmic

L'aldehyd cinàmic és un compost aromàtic que dona el sabor i l'olor típics de la canyella. En estat pur és un líquid viscos de color groc pàl·lid que es produeix naturalment en l'escorça dels arbres de la canyella i altres espècies del gènere *Cinnamomum*. S'utilitza com a fungicida i insecticida, i s'ha observat que és molt eficaç per combatre les larves de mosquit.

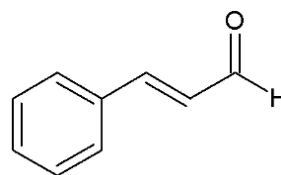


Fig. 6 Representació de l'estructura química de l'aldehyd cinàmic (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.1.2 Propanal

El propionaldehyd o propanal és un compost orgànic que té la fórmula CH_3CH_2CHO . És un aldehyd saturat de tres carbonis i és un isòmer de l'acetona. És un líquid incolor amb una olor fruitada lleugerament irritant. Es pot trobar a l'oli essencial de cafè pur (*Coffea Arabica*) (El-Shemy, 2018).

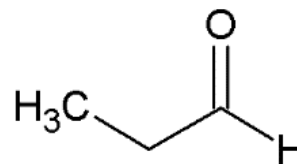


Fig. 7 Representació de l'estructura química del propanal (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.1.3 Butanal

El butanal, és un compost orgànic amb fórmula $CH_3(CH_2)_2CHO$. Aquest compost és el derivat d'aldehyd del butà. És un líquid inflamable incolor amb una olor desagradable. És miscible amb la majoria de dissolvents orgànics. Es pot trobar a l'oli essencial de lavanda (FoodDB, s.f.).

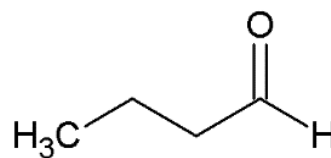


Fig. 8 Representació de l'estructura química del butanal (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.2 Cetones

Una cetona és un compost orgànic que es caracteritza per posseir un grup funcional carbonil unit a dos àtoms de carboni, a diferència d'un aldehid, on el grup carbonil es troba unit a l'almenys a un àtom d'hidrogen. Una de les cetones que és comú trobar als olis essencials és la següent:

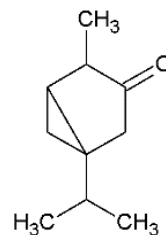


Fig. 9 Representació de l'estructura química de la tujona (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.2.1 Tujona

La Tujona és una cetona i un monoterpè que de forma natural es presenta dos isòmers: (-)- α -tujona i (+)- β -tujona. Fa olor de mentol, i es troba en certes plantes com la sàlvia, el donzell, o la sandàraca (*Thuja occidentalis*), d'on deriva el seu nom.

2.6.2.3 Èsters

Un èster és un compost químic derivat d'un àcid (orgànic o inorgànic) en el qual almenys un grup -OH (hidroxil) és substituït per un grup -O- alquil (alcoxi). Alguns dels èsters que és comú trobar als olis essencials són els següents:

2.6.2.3.1 Acetat de linalil

L'acetat de linalil es troba de manera natural a moltes flors i plantes d'espècies. És un dels components principals dels olis essencials de bergamota i espígol. Químicament, és l'èster acètic del linalol, i els dos sovint es troben conjuntament.

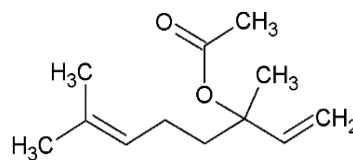


Fig. 10 Representació de l'estructura química de l'acetat de linalil (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.3.2 Acetat de geranil

L'acetat de geranil és un compost orgànic natural classificat com a monoterpè. És un líquid incolor amb una agradable aroma floral i rosa afruitada. L'acetat de geranil es troba de forma natural en més de 60 olis essencials, com el de palmarosa, neroli, gerani o coriandre. Es pot obtenir per destil·lació fraccionada d'olis essencials.

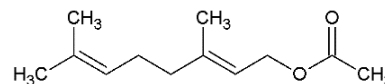


Fig. 11 Representació de l'estructura química de l'acetat de geranil. (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.4 Èters

Un èter és un compost químic on un àtom d'oxigen uneix dos fragments orgànics. És un dels grups funcionals més típics en la química orgànica. Alguns dels èters que és comú trobar als olis essencials són els següents:

2.6.2.4.1 Metil eugenol

El metil eugenol és un compost químic natural classificat com a fenilpropè. És l'èter metílic de l'eugenol i és important per al comportament dels insectes i la pol·linització. Es troba en diversos olis essencials, com als de fonoll, roses, alfàbrega, anís, pebre de Jamaica, nou moscada, llorer, pi i de canyella.

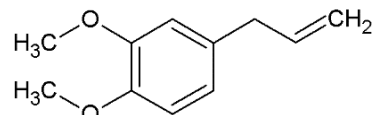


Fig. 12 Representació de l'estructura química del metil eugenol (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.4.2 Anetol

L'anetol és un líquid incolor i lleugerament volàtil, és un èter derivat del fenil propè, un tipus de compost aromàtic que es troba àmpliament a la natura en olis essencials. Contribueix a l'olor i el sabor de l'anís, el fonoll, la regalèsia, la càmbora, les flors de magnòlia, i l'anís estrellat.

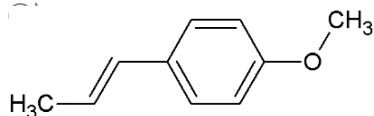


Fig. 13 Representació de l'estructura química de l'anetol (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.5 Àcids

Els àcids que es troben als olis essencials poden ser terpenoides amb un grup carboxil o àcids carboxílics. Els àcids carboxílics són compostos orgànics que contenen un grup carboxil -COOH, el qual és responsable de la seva acidesa. La fórmula general dels àcids carboxílics és R-COOH, la R refereix al grup alquil o substituent. Els àcids carboxílics generalment són àcids dèbils que es poden obtenir de fonts naturals com bacteris, animals o vegetals, com en el cas de les plantes de les quals s'extreuen els olis essencials. Alguns dels àcids que és comú trobar als olis essencials són els següents:

2.6.2.5.1 Àcid acètic

L'àcid acètic és un compost orgànic líquid incolor amb la fórmula química CH₃COOH. Es pot trobar a l'oli essencial de fruits secs de *Tetrapleura tetraptera*, una espècie de planta amb flor originària de l'Àfrica occidental (Udourioh & Etokudoh, 2014).

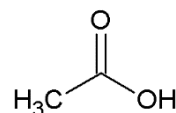


Fig. 14 Representació de l'estructura química de l'àcid acètic (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.5.2 Àcid citronèl·lic

L'àcid citronèl·lic és un terpenoide i un àcid carboxílic. És un component dels olis de fulles de les espècies de *Pelargonium* (Sigma-Aldrich, s.f.), un gènere pertanyent a la família Geraniaceae.

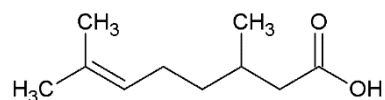


Fig. 15 Representació de l'estructura química de l'àcid citronèl·lic (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.6 Alcohols

L'alcohol és un compost orgànic que porta almenys un grup hidroxil ($-OH$) unit a un àtom de carboni saturat. En general, el grup hidroxil fa que els alcohols siguin polars. Aquests grups poden formar enllaços d'hidrogen entre si i amb la majoria d'altres compostos. Alguns dels alcohols que es troben als olis essencials són els següents:

2.6.2.6.1 Linalol

El linalol és un terpenoide amb un grup alcohol. El linalol pot existir en forma de dos isòmers òptics: Coriandrol o (S)-(+)-linalol i Licareol o (R)-(-)-linalol. El linalol es pot trobar a diversos olis essencials en major o menor proporció, es troba en major proporció als olis essencials de Ho wood, palissandre, farigola o coriandre i en menor proporció als olis de gerani o Ylang Ylang (Tisserand, 2016).

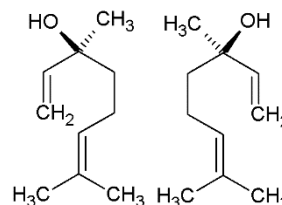


Fig. 16 Representació de l'estructura química dels isòmers òptics del linalol: Coriandrol (imatge de l'esquerra) i Licareol (imatge de la dreta) (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.6.2 Mentol

El mentol és un monoterpenoide i un alcohol que pot existir en forma de 8 isòmers, tot i que a la natura, gairebé sempre es presenta com a (-)-mentol. És habitual trobar mentol als olis essencials d'algunes espècies de menta, principalment en *Mentha arvensis* i menta piperita *Mentha x piperita*.

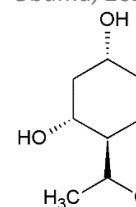


Fig. 17 Representació del mentol (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.6.3 Geraniol

El geraniol és un monoterpenoide i un alcohol. Compon la major part dels olis essencials de les roses i les citronelles. També es troba en petites quantitats en els geranis, llimones i altres OE.

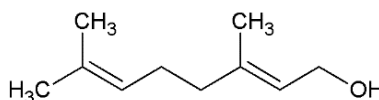


Fig. 18 Representació de l'estructura química del Geraniol (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.7 Fenols

Els fenols són compostos orgànics aromàtic amb la molècula formada per un anell de benzè en què un hidroxil ocupa el lloc d'un hidrogen. Un dels fenols que és comú trobar als olis essencials és el següent:

2.6.2.7.1 Eugenol

L'eugenol és un fenol membre de la classe d'al·lil benzèns de compostos químics. És un líquid oliós i aromàtic incolor a groc pàl·lid extret de certs olis essencials, especialment de l'oli de clau, nou moscada, canyella, alfàbrega i fulla de llorer.

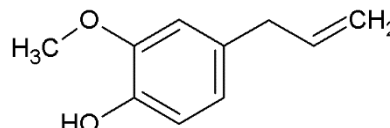


Fig. 19 Representació de l'estructura química de l'eugenol (Jenifer Obama, 2020 ©).

2.6.2.8 Compostos derivats del sofre

Els compostos derivats del sofre (sulfurs, tioèsters i tioèters) (Sánchez, 2006) probablement es troben a la major part d'olis essencials, però normalment ho fan en concentracions de parts per milió o parts per bilió, concentracions tan baixes són difícils de detectar amb cromatografia de gasos. A excepció d'alguns olis essencials, els sulfurs rarament formen part dels components majoritaris. Per exemple, els olis essencials d'all i ceba sí que tenen un major volum de components de sofre. A diferència de les plantes de la família Rosaceae, la qual inclou moltes espècies de roses, en les que s'han identificat més d'una dotzena de components del sofre en proporció de traces (Stewart, 2005). Un exemple de sulfur que es pot trobar als olis essencials és:

2.6.2.8.1 Sulfur de menta

El sulfur de menta és un sesquiterpenoide i un sulfur (Stein, 1992). Un dels membres de la família de les mentes (Labiatae) conté un compost de sofre, el sulfur de menta, la *Mentha piperita*, el sulfur que conté diferència a la *Mentha piperita* de la menta verda (*Mentha spicata*).

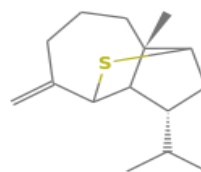


Fig. 20
Representació
de l'estructura
química del
sulfur de menta
(National
Institute of
Standards and
Technology, s.f.)

2.6.2.9 Derivats nitrogenats

Els compostos nitrogenats són aquells que contenen un enllaç de tipus carboni-nitrogen. Aquest pot ser senzill o múltiple. Entre els compostos nitrogenats més habituals podem distingir, si l'enllaç és senzill: Amines i nitrocompostos, i si l'enllaç triple, nitrils. Un dels derivats nitrogenats que és comú trobar als olis essencials és el següent:

2.6.2.9.1 1-nitro-2-feniletà

L'1-nitro-2-feniletà pertany a la classe de compostos orgànics coneguts com a benzè i derivats substituïts. Es tracta de compostos aromàtics que contenen un sistema d'anells monocíclic format per benzè. L'1-nitro-2-feniletanà és un compost molt dèbilment àcid (basat en la seva pKa) (FoodDB, s.f.). L'1-Nitro-2-feniletanà, el constituent principal de l'oli essencial d'*Aniba canelilla* (Siqueira, et al., 2010), és una espècie pertanyent a la família *Lauraceae*.

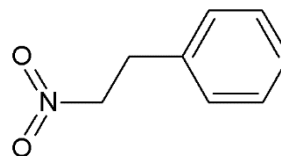


Fig. 21 Representació de l'estructura
química del 1-Nitro-2-feniletanà
(Jenifer Obama, 2020 ©).

2.7 PROPIETATS BIOLÒGIQUES DELS OLIS ESSENCIALS

Al voltant de 60 famílies de plantes poden produir olis essencials. Moltes espècies de plantes pertanyents a les famílies Apiaceae, Alliaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Poaceae, i Rutaceae produeixen olis essencials amb valor medicinal i industrial. Per exemple, els olis essencials de pàtxuli, coriandre, anís, anet, i fonoll, extrets de *P. Cablin*, *C.sativum*, *P.anisum*, *A. Graveolens* i *F. Vulgare*, respectivament, són coneguts per la seva activitat antimicrobiana i anticancerosa. També, les plantes pertanyents a les famílies Lamiaceae i Apiaceae són populars per la seva activitat antimicrobiana, anticancerosa, antibacteriana, antimutagènica, antiinflamatòria i antioxidant. (Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019)

2.7.1 Propietats biològiques dels olis essencials de diferents famílies de plantes

2.7.1.1 Lamiaceae

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Origanum vulgare</i>	Orenga
	<i>Melissa officinalis</i>	Melissa
	<i>Salvia officinalis</i>	Sàlvia comuna
	<i>Mentha sp.</i>	Menta
	<i>Mentha longifolia</i>	Menta boscana
	<i>M.piperita</i>	Menta pebrera
	<i>M.spicata</i>	(Hierbabuena)
	<i>Ocimum basilicum</i>	Alfàbrega
	<i>O.sanctum</i>	Alfàbrega morada
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romaní
	<i>Lavandula officinalis</i>	Espígol
	<i>Lavandula sp.</i>	Lavanda
	<i>Salvia sclarea</i>	Sàlvia romana
Propietats biològiques	Antibacterial; antifúngica; anticancerosa; antiviral; antidiabètica; antimutagènica; antiprotozoària; antiinflamatoria; antioxidant	

Referències: (Bakkali, et al., (2008), Raut & Karuppayil, (2014), Swamy, et al., (2016), Nagarjuna, et al., (2017), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 531)

2.7.1.2 Apiaceae

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Foeniculum vulgare</i>	Fonoll
	<i>Carum nigrum</i>	"
	<i>Anethum graveolens</i>	Anet
	<i>Cuminum cyminum</i>	Comí
	<i>Pimpinella anisum</i>	Anís, o matafaluga
	<i>Apium graveolens</i>	Api
	<i>Coriandrum sativum</i>	Coriandre o celiandre
Propietats biològiques	Antidiabètic; anticancerosa; antibacteriana; antifúngica; antiviral	

Referències: (Bakkali, et al., (2008), Raut & Karuppayil, (2014), Swamy, et al., (2016), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 533)

2.7.1.3 Piperaceae

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
Propietats biològiques	Antibacteriana; antifúngica; anticancerosa; antiprotozoària	

Referències: (Bakkali, et al., (2008), Raut & Karuppayil, (2014), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 533)

2.7.1.4 *Myrtaceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau
	<i>Thymus vulgaris</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"
	<i>Melaleuca alternifolia</i>	Arbre de té
	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucaliptus blau
	<i>Myrsinella fragrans</i>	Arbre de la nou moscada
Propietats biològiques	Antibacteriana; antifúngica; anticancerosa; antiviral; antimutagènic; antiinflamatori; antiprotozoària	

Referències: (Bakkali, et al., (2008), Raut & Karuppayil, (2014), Swamy, et al., (2016), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 531)

2.7.1.5 *Zingiberaceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Zingiber officinale</i>	Gingebre
	<i>Zingiber montanum</i>	"
	<i>Curcuma longa</i>	Cúrcuma
	<i>Elettaria cardamomum</i>	Cardamom
Propietats biològiques	Antifúngica; anticancerosa; antioxidant; antimutagènica	

Referències: (Bakkali, et al., (2008), Raut & Karuppayil, (2014), Swamy, et al., (2016), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 533)

2.7.1.6 *Asteraceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Artemisia judaica</i>	"
	<i>A. annua</i>	Artemisia anual
	<i>A. absinthium</i>	Donzell o absenta
	<i>A. dracunculus</i>	Estragó
Propietats biològiques	Antifúngica; anticancerosa; antiviral	

Referències: (Bakkali, et al., (2008), Raut & Karuppayil, (2014), Swamy, et al., (2016), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 533)

2.7.1.7 *Poaceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Cymbopogon martini</i>	Palmarosa
	<i>Cymbopogon citratus</i>	Canya llimona
	<i>Cymbopogon nardus</i>	Citronella
Propietats biològiques	Antifúngica, anticancerosa	

Referències: (Bakkali, et al., (2008), Raut & Karuppayil, (2014), Swamy, et al., (2016), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 533)

2.7.1.8 *Liliaceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Allium sativum</i>	All
	<i>Allium cepa</i>	Ceba
Propietats biològiques	Antifúngica; antiviral; antiprotozoària	

Referències: (Raut & Karuppayil, (2014), Swamy, et al., (2016), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 531)

2.7.1.9 *Oleaceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Jasminum sp.</i>	"
	<i>Olea europaea</i>	Olivera
Propietats biològiques	Antibacteriana; anticancerosa	

Referències: (Raut & Karuppayil, (2014), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 533)

2.7.1.10 *Rutaceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Citrus sp.</i>	"
	<i>C.paradisi</i>	Aranger
Propietats biològiques	Antibacteriana; antifúngica; anticancerosa	

Referències: (Bakkali, et al., (2008), Raut & Karuppayil, (2014), Swamy, et al., (2016), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 533)

2.7.1.11 *Santalaceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Santalum sp.</i>	"
	<i>Santalum album</i>	Sàndal
Propietats biològiques	Antiviral	

Referències: (Bakkali, et al., (2008), Raut & Karuppayil, (2014), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 533)

2.7.1.12 *Lauraceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Cinnamomum sp.</i>	Canyella
Propietats biològiques	Antimicrobiana; antiinflamatòria; antimutagènica	

Referències: (Raut & Karuppayil, (2014), Toscano-Garibay et al., (2017), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 531)

2.7.1.13 *Pinaceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Cedrus libani</i>	Cedre del Líban
Propietats biològiques	Antifúngica	

Referències: (Bakkali, et al., (2008), Raut & Karuppayil, (2014), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 533)

2.7.1.14 *Geraniaceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Pelargoniograveolens</i>	(Rose geranium)
Propietats biològiques	Antibacterial	

Referències: (Raut & Karuppayil, (2014), Swamy, et al., (2016), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 533)

2.7.1.15 *Rosaceae*

Fonts d'olis essencials (Matèria prima)	Espècie	Nom comú
	<i>Rosa sp.</i>	"
Propietats biològiques	Antifúngica	

Referències: (Bakkali, et al., (2008), Raut & Karuppayil, (2014), Swamy, et al., (2016), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 533)

2.7.1 Olis essencials com a agents antibacterians

Molts olis essencials han estat investigats per la seva activitat antibacteriana i antifúngica, i també pel seu potencial contra bacteris Gram-positius i Gram-negatius, hi ha olis essencials que només mostren activitat microbiana contra bacteris Gram-positius, com el *Santalum album*, *Leptospermum scoparium*, i *Chrysopogon zizanioides* (Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019).

Els olis essencials generalment mostren bones propietats antibacterianes contra *Salmonella*, *Staphylococcus* i altres bacteris patògens. D'acord amb les evidències disponibles, els olis essencials de canyella, melissa, farigola, clau, taronja, romaní, menta pebrera, alfàbrega i eucaliptus exhibeixen l'activitat antimicrobiana més efectiva. Són olis essencials molt actius a concentracions d'inhibició mínimes (MICs)⁵ per sota de l'1%. També, un gran nombre d'olis essencials s'han mostrat efectius contra soques resistents als antibiòtics i biofilms (Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019).

Alguns olis essencials mostren menys activitat que les seves principals molècules constituents. Per exemple, l'eugenol (constituent dels olis essencials de clau i canyella), el carvacol (constituent dels olis essencials d'orenga i farigola), i el 4-terpineol (constituent dels olis essencials d'arbre del te i nou moscada), mostren una activitat antibacteriana superior a la dels olis essencials dels quals provenen (Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019).

A les següents taules es mostren olis essencials que actuen com a agents bactericides contra els següents bacteris:

2.7.1.1 *Aeromonas hydrophila*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Origanum vulgare</i>	Orenga
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau
	<i>Thymus vulgaris</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Tepe, et al., (2004), Lopez, et al., (2005,2007), Bozin, et al., (2006), Rosato, et al., (2007), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 537)

2.7.1.2 *Bacillus cereus*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Carum nigrum</i>	"
	<i>Santolina rosmarinifolia</i>	"

Referències: (Singh, et al., (2006), Ioannou, et al., (2007), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 537)

2.7.1.3 *Listeria monocytogenes*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Coriandrum sativum</i>	Coriandre
	<i>Pinus densiflora</i>	Pi roig japonès
	<i>Pinus koraiensis</i>	Pi de Corea

Referències: (Delaquis, et al., (2002), Singh, et al., (2002), Hong, et al., (2004), Lo Cantore, et al., (2004), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 634)

⁵ La Concentració mínima inhibidora (MIC), en microbiologia, és la concentració més baixa d'un antimicrobià que inhibeix el creixement d'un microorganisme després de la seva incubació.

2.7.1.4 *Escherichia coli*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Anethum graveolens</i>	Anet
	<i>Apium graveolens</i>	Api
	<i>Eucalyptus robusta</i>	"
	<i>E. saligna</i>	"
	<i>E. globulus</i>	Eucaliptus blau
	<i>Juglans regia</i>	Noguer comú
	<i>Maleluca alternifolia</i>	Arbre de té
	<i>Melissa officinalis</i>	Melissa
	<i>Mentha longifolia</i>	Menta boscana
	<i>M. piperita</i>	Menta pebrera
	<i>M. spicata</i>	(Hierbabuena)
	<i>Pimpinella anisum</i>	Anís o matafaluga
	<i>Myristica fragrans</i>	Arbre de la nou moscada
	<i>Origanum vulgare</i>	Orenga
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Pinus densiflora</i>	Pi roig japonès
	<i>Pinus koraiensis</i>	Pi de Corea
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Rosa spp.</i>	"
	<i>Salvia sclarea</i>	Sàlvia romana
	<i>S. officinalis</i>	Sàlvia comuna
	<i>S. lavandulifolia</i>	"
	<i>S. rosifolia</i>	"
	<i>Santolina rosmarinifolia</i>	"
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau
	<i>Tamarix boveana</i>	"
	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	"
	<i>Thymus vulgaris</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Delaquis, et al., (2002), Singh, et al., (2002), Dryden, et al., (2004), Tepe, et al., (2004), Bozin, et al., (2006), Fabio, et al., (2007), Carson, et al., (2006), Sonboli, et al., (2006), Fabio, et al., (2007), Lopez, et al., (2005,2007), Ioannou, et al., (2007), Rafii & Shahverdi, (2007), Rosato, et al., (2007), Sartorelli, et al., (2007), Saidana, et al., (2008), Roller, et al., (2009), Hirulkar & Agrawal, (2010), Baananou, et al., (2013), Djenane, et al., (2012), Galvao, et al., (2012), Rather, et al., (2012) citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 626)

2.7.1.5 *Bacillus subtilis*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Juglans regia</i>	Noguer comú
	<i>Melissa officinalis</i>	Melissa
	<i>Myristica fragrans</i>	Arbre de la nou moscada
	<i>Origanum vulgare</i>	Orenga
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Rosa sp.</i>	"
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau
	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	"
	<i>Thymus vulgaris</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Mimica-Dukic, et al., (2004), Tepe, et al., (2004), Lopez, et al., (2005,2007), Bozin, et al., (2006), Sonboli, et al., (2006), Rosato, et al., (2007), Hirulkar & Agrawal, (2010), Rather, et al., (2012) citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 626)

2.7.1.6 *Haemophilus influenzae*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Eucalyptus robusta</i>	"
	<i>E. saligna</i>	"
	<i>E.globulus</i>	Eucaliptus blau
	<i>Eugenia caryophyllus</i>	Clau
	<i>Malaleuca alternifolia</i>	Arbre de té
	<i>Mentha longifolia</i>	Menta boscana
	<i>M. piperita</i>	Menta pebrera
	<i>M. spicata</i>	(Hierbabuena)
	<i>Salvia sclarea</i>	Sàlvia romana
	<i>S. officinalis</i>	Sàlvia comuna
	<i>S. lavandulifolia</i>	"
	<i>S. rosifolia</i>	"

Referències: (Rota, et al., (2004), Carson, et al., (2006), Fabio, et al., (2007), Sartorelli, et al., (2007), Shan, et al., (2007), Rafii & Shahverdi, (2007), Roller, et al., (2009), Djenane, et al., (2012), Galvao, et al., (2012), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 628)

2.7.1.7 *Enterobacter aerogenes; E. cloacae*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Mentha longifolia</i>	Menta boscana
	<i>M. piperita</i>	Menta pebrera
	<i>M. spicata</i>	(Hierbabuena)
	<i>Origanum vulgare</i>	Orenga
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Rosa spp.</i>	"
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Mimica-Dukic, et al., (2004), Tepe, et al., (2004), Lopez, et al., (2005,2007), Bozin, et al., (2006), Fabio, et al., (2007), Rafii & Shahverdi, (2007), Rosato, et al., (2007), Hirulkar & Agrawal, (2010), Djenane, et al., (2012), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 628)

2.7.1.8 *Enterococcus faecalis*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Malaleuca alternifolia</i>	Arbre de té
	<i>Origanum vulgare</i>	Orenga
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau
	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	"
	<i>Thymus vulgaris</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Singh, et al., (2002), Dryden, et al., (2004), Tepe, et al., (2004), Lopez, et al., (2005,2007), Bozin, et al., (2006), Carson, et al., (2006), Sonboli, et al., (2006), Fabio, et al., (2007), Rosato, et al., (2007), Shan, et al., (2007), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 628)

2.7.1.9 *Mycobacterium tuberculosis*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Lantana fucata</i>	"
	<i>L. trifolia</i>	"

Referències: (Juliao, et al., (2009), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 630)

2.7.1.10 *Klebsiella pneumoniae*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Anethum graveolens</i>	Anet
	<i>Eucalyptus robusta</i>	"
	<i>E. saligna</i>	"
	<i>E. globulus</i>	Eucaliptus blau
	<i>Eugenia caryophyllus</i>	Clau
	<i>Juglans regia</i>	Noguer comú
	<i>Mentha longifolia</i>	Menta boscana
	<i>M. piperita</i>	Menta pebrera
	<i>M. sipcata</i>	(Hierbabuena)
	<i>Myristica fragrans</i>	Arbre de la nou moscada
	<i>Origanum vulgare</i>	Orenga
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Pinus densiflora</i>	Pi roig japonés
	<i>Pinus koraiensis</i>	Pi de Corea
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Rosa spp.</i>	"
	<i>Salvia sclarea</i>	Sàlvia romana
	<i>S. officinalis</i>	Sàlvia comuna
	<i>S. lavandulifolia</i>	"
	<i>S. rosifolia</i>	"
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clavell d'espècia
	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	"
	<i>Thymus vulgaris</i>	Clau
	<i>Thymus sp.</i>	Farigola

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Delaquis, et al., (2002), Hong, et al., (2004), Rota, et al., (2004), Tepe, et al., (2004), Bozin, et al., (2006), Carson, et al., (2006), Sonboli, et al., (2006), Fabio, et al., (2007), Lopez, et al., (2005,2007), Rafii & Shahverdi, (2007), Rosato, et al., (2007), Shan, et al., (2007), Roller, et al., (2009), Hirulkar & Agrawal, (2010), Djenane, et al., (2012), Galvao, et al., (2012), Rather, et al., (2012), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 628)

2.7.1.11 *Pseudomonas aeruginosa*: drug-resistant *P. aeruginosa*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Apium graveolens</i>	Api
	<i>Carum nigrum</i>	"
	<i>Juglans regia</i>	Noguer comú
	<i>Malaleuca alternifolia</i>	Arbre de té
	<i>Origanum vulgare</i>	Orenga
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Rosa spp.</i>	"
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clavell d'espècia
	<i>Tamarix boveana</i>	"
	<i>Ziziphora clinodioides</i>	"
	<i>Thymus vulgaris</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Singh, et al., (2006), Dryden, et al., (2004), Tepe, et al., (2004), Bozin, et al., (2006), Carson, et al., (2006), Sonboli, et al., (2006), Lopez, et al., (2005,2007), Rosato, et al., (2007), Hirulkar & Agrawal, (2010), Rather, et al., (2012), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 630)

2.7.1.12 *Mycobacterium avium*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Malaleuca alternifolia</i>	Arbre de té

Referències: (Dryden, et al., (2004), Carson, et al., (2006), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 630)

2.7.1.13 *Staphylococcus aureus*; methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA)

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Apium graveolens</i>	Api
	<i>Croton cajucara</i>	"
	<i>Eucalyptus robusta</i>	"
	<i>E. saligna</i>	"
	<i>E. globulus</i>	Eucaliptus blau
	<i>Eugenia caryophyllus</i>	Clau
	<i>Juglans regia</i>	Nouer comú
	<i>Lavandula angustifolia</i>	Espígol
	<i>L. latifolia</i>	"
	<i>L. luisieri</i>	"
	<i>Melaleuca alternifolia</i>	Arbre de té
	<i>Melissa officinalis</i>	Melissa
	<i>Mentha longifolia</i>	Menta boscana
	<i>M. piperita</i>	Menta pebrera
	<i>M. spicata</i>	(Hierbabuena)
	<i>Myristica fragrans</i>	Arbre de la nou moscada
	<i>Origanum vulgare</i>	Orenga
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Pinus densiflora</i>	Pi roig japonès
	<i>Pinus koraiensis</i>	Pi de Corea
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Rosa app.</i>	"
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romaní
	<i>Salvia clarea</i>	Sàlvia romana
	<i>S. officinalis</i>	Sàlvia comuna
	<i>S. lavandulifolia</i>	"
	<i>S. rosifolia</i>	"
	<i>Santolina rosmarinifolia</i>	"
	<i>Skimmia laureola</i>	"
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau
	<i>Tamarix boveana</i>	"
	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	"
	<i>Thymus vilgare</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Delaquis, et al., (2002), Dryden, et al., (2004), Mimica-Dukic, et al., (2004), Rota, et al., (2004), Tepe, et al., (2004), Alviano, et al., (2005), Bozin, et al., (2006), Carson, et al., (2006), Sonboli, et al., (2006), Fabio, et al., (2007), Lopez, et al., (2005,2007), Ioannou, et al., (2006), Rafii & Shahverdi, (2007), Rosato, et al., (2007), Sartorelli, et al., (2007), Shan, et al., (2007), Saidana, et al., (2008), Roller, et al., (2009), Hirulkar & Agrawal, (2010), Tohidpour, et al., (2010), Baananou, et al., (2013), Djenane, et al., (2012), Galvao, et al., (2012), Rather, et al., (2012), Shah, et al., (2013), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 630)

2.7.1.14 *S. epidermidis*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Juglans regia</i>	Nouer comú
	<i>Skimmia laureola</i>	"
	<i>Tamarix boveana</i>	"
	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	"

Referències: (Sonboli, et al., (2006), Saidana, et al., (2008), Rather, et al., (2012), Shah, et al., (2013) citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 632)

2.7.1.15 *Streptococcus pneumònia; S. Pyogenes; S. Agalactiae; S. haemolyticus*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Eucalyptus robusta</i>	"
	<i>E. saligna</i>	"
	<i>E. globulus</i>	Eucaliptus blau
	<i>Eugenia caryophyllus</i>	Clau
	<i>Melaleuca alternifolia</i>	Arbre de té
	<i>Mentha longifolia</i>	Menta boscana
	<i>M. piperita</i>	Menta pebrera
	<i>M. spicata</i>	(Hierbabuena)
	<i>Rosa spp.</i>	"
	<i>Salvia sclarea</i>	Sàlvia romana
	<i>S. officinalis</i>	Sàlvia comuna
	<i>S. lavandulifolia</i>	"
	<i>S. rosifolia</i>	"
	<i>Thymus vulgaris</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"
	<i>Coriandrum sativum</i>	Coriandre

Referències: (Delaquis, et al., (2002), Singh, et al., (2002), Dryden, et al., (2004), Lo Cantore, et al., (2004), Rota, et al., (2004), Carson, et al., (2006), Fabio, et al., (2007), Rafii & Shahverdi, (2007), Sartorelli, et al., (2007), Roller, et al., (2009), Hirulkar & Agrawal, (2010), Djenane, et al., (2012), Galvao, et al., (2012), Rather, et al., (2012), Shah, et al., (2013), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 632)

2.7.1.16 *Salmonella typhimurium*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Coriandrum sativum</i>	Coriandre
	<i>Juglans regia</i>	Noguer comú
	<i>Melissa officinalis</i>	Melissa
	<i>Pinus densiflora</i>	Pi roig japonès
	<i>Pinus koraiensis</i>	Pi de Corea
	<i>Rosa spp.</i>	"
	<i>Salvia sclarea</i>	Sàlvia romana
	<i>S. officinalis</i>	Sàlvia comuna
	<i>S. lavandulifolia</i>	"
	<i>S. rosifolia</i>	"
	<i>Tamarix boveana</i>	"

Referències: (Delaquis, et al., (2002), Sigh, et al., (2002), Hong, et al., (2004), Lo Cantore, et al., (2004), Mimica-Dukie, et al., (2004), Rota, et al., (2004), Fabio, et al., (2007), Roller, et al., (2009), Hirulkar & Agrawal, (2010), Saidana, et al., (2008), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, pàg. 632)

2.7.1.17 *Serratia marcescens*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Myristica fragrans</i>	Arbre de la nou moscada
	<i>Origanum vulgare</i>	Orenga
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau
	<i>Thymus vulgare</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"

Referències: (Dorman & Deans (2000), Tepe, et al., (2004), Lopez, et al., (2005,2007), Bozin, et al., (2006), Rosato, et al., (2007) citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, pàg. 632)

2.7.1.18 *Proteus vulgaris*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Juglans regia</i>	Noguer comú
	<i>Myristica fragrans</i>	Arbre de la nou moscada
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Rosa sp.</i>	"
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau
	<i>Thymus vulgaris</i>	Farigola2
	<i>Thymus sp.</i>	

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Hirulkar & Agrawal, (2010), Rather, et al., (2012), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 630)

2.7.1.19 *Micrococcus luteus*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Myristica fragrans</i>	Arbre de la nou moscada
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau
	<i>Tmarix boveana</i>	"
	<i>Thymus vulgare</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Saidana, et al., (2008) citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, pàg. 634)

2.7.1.20 *Moraxella sp.*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Myristica fragrans</i>	Arbre de la nou moscada
	<i>Origanum vulgare</i>	Orenga
	<i>Pelargonium graveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau
	<i>Thymus vulgare</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Tepe, et al., (2004), Lopez, et al., (20005,2007), Bozin, et al., (2006), Rosato, et al., (2007), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, pàg. 634)

2.7.1.21 *Yersinia enterocolitica*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Myristica fragrans</i>	Arbre de la nou moscada
	<i>Pelargonium raveolens</i>	(Rose geranium)
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clau
	<i>Thymus vulgaris</i>	Farigola
	<i>Thymus sp.</i>	"

Referències: (Dorman & Deans, (2000), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 634)

2.7.1.22 *Shigella dysenteriae*

Fonts d'olis essencials amb activitat bactericida	Espècie	Nom comú
	<i>Juglans regia</i>	Noguer comú
	<i>Ocimum basilicum</i>	Alfàbrega
	<i>O. gratissimum</i>	"

Referències: (Iwalokun, et al., (2003), Bozin, et al., (2006), Rather, et al., (2012) citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 634)

2.7.1 Olis essencials com a agents antifúngics

Molts olis essencials han estat investigats a causa de la seva activitat antifúngica. Depenent de l'eficiència de l'oli essencial, la zona d'inhibició per a diferents organismes específics varia. Per exemple, els olis essencials de plantes com el coriandre, anís, i fonoll, a pesar de pertànyer a la mateixa família, Apiaceae, mostren diferències pel que fa a la seva activitat antifúngica.

Els olis essencials de diverses plantes amb propietats aromàtiques o saboritzants, com per exemple, *Mentha piperita*, *Basillica niger*, *Angelica achangelica*, i *Cymbopogon citratus*, s'ha trobat que mostren una forta activitat antifúngica (Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019).

Els olis essencials de plantes que són efectius contra fongs patògens per als humans, fongs de les plantes, i llevats, són descrits a la següent taula:

2.7.1.1 *Adpergillus niger*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Allium sativum</i>	All
	<i>Artemisia judaica</i>	"
	<i>A. absinthium</i>	"
	<i>Carum nigrum</i>	"
	<i>Cedrus libani</i>	Cedre del Líban
	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Te bord
	<i>Cymbopogon martini</i>	Palmarosa
	<i>C. citrates</i>	"
	<i>Eugenia caryophyllus</i>	"
	<i>Foeniculum vulgare</i>	Fonoll
	<i>Juniperi aetheroleum</i>	"
	<i>Matricaria chamomilla</i>	Camamilla
	<i>Zingiber officinale</i>	Gingebre
	<i>Tamarix boveana</i>	"

Referències: (Saikia, et al., (2001), Benkeblia, (2004), Mimica-Dukic, et al., (2004), Kordali, et al., (2005), Pepeljnjak, et al., (2005), Kumar, et al., (2007), Agarwal, et al., (2008), Bansod & Rai, (2008), Lopes-Lutz & Alviano, (2008), Saidana, et al., (2008), Singh, et al., (2008), Cetin, et al., (2009), Irkin & Korukluoglu, (2009), Peighami-Ashnaei, et al., (2008), Tolouee, et al., (2010), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 646)

2.7.1.2 *Alternaria alternata*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Cedrus libani</i>	Cedre del Líban
	<i>Cymbopogon martini</i>	Palmarosa
	<i>C. citrates</i>	"
	<i>Tamarix boveana</i>	"
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romani
	<i>Foeniculum vulgare</i>	Fonoll

Referències: (Mimica-Dukic, et al., (2004), Rota, et al., (2004), Ozan & Chalchat, (2008), Rosato, et al., (2007), Rasooli, et al., (2008), Saidana, et al., (2008), Peighami-Ashnaei, et al., (2008), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 646)

2.7.1.3 *Trichophyton rubrum* *T mentagrophytes*; *T.roseum*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Artemisia judaica</i>	"
	<i>A. absinthium</i>	"
	<i>A. biennis</i>	"
	<i>Artemisia sp.</i>	"

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Kordali, et al., (2005), Lopes-Lutz & Alviano, (2008); Cetin, et al., (2009), Irkin & Korukluoglu, (2009), Pinto, et al., (2009), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 652)

2.7.1.4 *Candida albicans*; *C. glabrata*; *Candida sp.*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Cinnamomum sp.</i>	"
	<i>Croton cajucara</i>	"
	<i>Cymbopogon martini</i>	Palmarosa
	<i>C. citrates</i>	"
	<i>Eucalyptus salina</i>	"
	<i>Eugenia caryophyllus</i>	"
	<i>Juniperi aetheroleum</i>	"
	<i>Lavandula sp.</i>	"
	<i>Malaleuca alternifolia</i>	Arbre de té
	<i>Melissa officinalis</i>	Melissa
	<i>Mentha piperita</i>	Menta pebrera
	<i>M. longifolia</i>	Menta boscana
	<i>M. vidris</i>	"
	<i>Ocimum sp.</i>	"
	<i>Ocimum sanctum</i>	"
	<i>Pimpinella anisum</i>	Anís
	<i>Piper nigrum</i>	Pebre o pebre negre
	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	"
	<i>Santolina rosmarinifolia</i>	"

Referències: (Saikia, et al., (2001), Singh, et al., (2002), Dryden, et al., (2004), Mimica-Dukic, et al., (2004), Alviano, et al., (2005), Devkatte, et al., (2005), Pepelnjak, et al., (2005), Carson, et al., (2006), Ioannou, et al., (2007), Sartorelli, et al., (2007), Agrawal, et al., (2008), Bansod & Rai, (2008), Irkin & Korukluoglu, (2009), Mikaddem, et al., (2009), Khosravi, et al., (2011), Zore, et al., (2011), Zuzarte, et al., (2011,2012), Rabadia, et al., (2012), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 648)

2.7.1.5 *Fusarium oxysporum*; *F. moniliforme*; *F. solani*; *F. proliferatum*

32

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Allium sativum</i>	All
	<i>Artemisia judaica</i>	"
	<i>A. absinthium</i>	"
	<i>A. biennis</i>	"
	Altres <i>Artemisia sp.</i>	"
	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Te bord
	<i>Cymbopogon martini</i>	Palmarosa
	<i>C. citrates</i>	"
	<i>Tamarix boveana</i>	"
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romaní
	<i>Zingiber officinale</i>	Gingebre
	<i>Salvia fruticosa</i>	"
	<i>S. officinalis</i>	Sàlvia comuna
	<i>S. rosifolia</i>	"

Referències: (Saikia, et al., (2001), Benkeblia, (2014), Rota, et al., (2004), Kordali, et al., (2005), Fabio, et al., (2007), Kumar, et al., (2007), Rosato, et al., (2007), Agarwal, et al., (2008), Lopes-Lutz & Alviano, (2008), Ozcan & Chalchat, (2008), Rasooli, et al., (2008), Saidana, et al., (2008), Singh, et al., (2008), Cetin, et al., (2009), Irkin & Korukluoglu, (2009), Ozek, et al., (2010), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 650)

2.7.1.6 *Cryptococcus neoformans*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Lavandula sp.</i>	"
	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	"

Referències: (Khosravi, et al., (2011), Zuzarte, et al., (2011,2012), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 648)

2.7.1.7 *Penicillium* sp.; *P. cyclopium*; *P. purpurgenum*; *P. madriti*; *P. vidricatum*; *P. roqueforti*;

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Allium sativum</i>	All
	<i>Artemisia judaica</i>	"
	<i>A. absinthium</i>	"
	<i>A. biennis</i>	"
	Altres <i>Artemisia</i> sp.	"
	<i>Tamarix boveana</i>	"
	<i>Carum nigrum</i>	"
	<i>Cymbopogon martini</i>	Palmarosa
	<i>C. citrates</i>	"

Referències: (Saikia, et al., (2001), Benkeblia, (2004), Kordali, et al., (2005), Singh, et al., (2006), Agarwal, et al., (2008), Lopes-Lutz & Alviano, (2008); Sadiana, et al., (2008), Cetin, et al., (2009), Irkin & Korukluoglu, (2009), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 648)

2.7.1.8 *Aspergillus flavus*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Carum nigrum</i>	"
	<i>Cedrus libani</i>	Cedre del Líban
	<i>Cuminum cyminum</i>	Comí
	<i>Nigella sativa</i>	Pebreta
	<i>Zingiber officinali</i>	Gingebre
	<i>Satureja hortensis</i>	Sajolida de jardí

Referències: (Singh, et al., (2006), Singh, et al., (2010), Razzaghi-Abyaneh, et al., (2008), Khosravi, et al., (2011), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 648)

2.7.1.9 *Botrytis cinerea*; *Botrytis fabae*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romaní
	<i>Foeniculum vulgare</i>	Fonoll
	<i>Artemisia judaica</i>	"
	<i>A. absinthium</i>	"
	<i>A. biennis</i>	"
	<i>Other Artemisia</i> sp.	"

Referències: (Rosato, et al., (2007), Ozcan & Chalchat, (2008), Lopes-Lutz & Alviano, (2008), Rasooli, et al., (2008), Cetin, et al., (2009), Irkin & Korukluoglu, (2009), Peighami-Ashmei, et al., (2008), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 648)

2.7.1.10 *Aspergillus fumigatus*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Cedrus libani</i>	Cedre del Líban
	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	"
	<i>Cuminum cyminum</i>	Comí
	<i>Eugenia caryophyllus</i>	"
	<i>Nigella sativa</i>	Pebreta

Referències: (Kumar, et al., (2007), Bansod & Rai, (2008), Khosravi, et al., (2011), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 648)

2.7.1.11 *Macrophomina phaseolina*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	"
	<i>Macrophomina phaseolina</i>	"

Referències: (Kumar, et al., (2007), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 650)

2.7.1.12 *Microsporum canis; Microsporum gypseum*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Artemisia judaica</i>	"
	<i>A. absinthium</i>	"
	<i>A. biennis</i>	"
	Altres <i>Artemisia</i> sp.	"
	<i>Cinnamomum</i> sp.	"
	<i>Croton argyrophyllodes</i>	"
	<i>C. zehntneri</i>	"
	<i>C. cajucara</i>	"
	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clavell d'espècia
	<i>Daucus carota</i>	Pastanaga

Referències: (Dorman & Deans, (2000), Alviano, et al., (2005), Kordali, et al., (2005), Fontenelle, et al., (2008), Lopes-Lutz & Alviano, (2008), Tavares, et al., (2008), Cetin, et al., (2009), Irkin & Korukluoglu, (2009), Pinto, et al., (2009), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 650)

2.7.1.13 *Cladosporium cladosporioides; C. herbarum*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Cedrus libani</i>	Cedre del Líban
	<i>Artemisia judaica</i>	"
	<i>A. absinthium</i>	"
	<i>A. biennis</i>	"
	<i>Artemisia</i> sp.	"

Referències: (Kordali, et al., (2005), Lopes-Lutz & Alviano, (2008), Cetin, et al., (2009), Irkin & Korukluoglu, (2009) citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 648)

2.7.1.14 *Fonsecaea pedrosoi*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Artemisia judaica</i>	"
	<i>A. absinthium</i>	"
	<i>A. biennis</i>	"
	<i>Other Artemisia</i>	"

Referències: (Kordali, et al., (2005), Lopes-Lutz & Alviano, (2008), Cetin, et al., (2009), Irkin & Korukluoglu, (2009) citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 650)

2.7.1.15 *Geotrichum candidum*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Artemisia judaica</i>	"
	<i>A. absinthium</i>	"
	<i>A. biennis</i>	"
	<i>other Artemisia</i>	"

Referències: (Kordali, et al., (2005), Lopes-Lutz & Alviano, (2008), Cetin, et al., (2009), Irkin & Korukluoglu, (2009), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, pàg. 650)

2.7.1.16 *Aspergillus parasiticus*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Satureja hortensis</i>	Sajolida de jardí
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romani

Referències: (Rota, et al., (2004), Rosato, et al., (2007), Ozcan & Chalchat, (2008), Rasooli, et al., (2008), Razzaghi-Abyaneh, et al., (2008), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 646)

2.7.1.17 *Pythium debaryanum*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Artemisia judaica</i>	"
	<i>A. absinthium</i>	"
	<i>A. biennis</i>	"
	<i>Other Artemisia</i>	"

Referències: (Kordali, et al., (2005), Lopes-Lutz & Alviano, (2008); Cetin, et al., (2009), Irkin & Korukluoglu, (2009) citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 652)

2.7.1.18 *Mucor ramannianus*

Fonts d'olis essencials amb activitat antifúngica	Espècie	Nom comú
	<i>Mentha piperita</i>	Menta pebrera
	<i>M. longifolia</i>	"
	<i>M. vidris</i>	"

Referències: (Agarwal, et al., (2008), Mkaddem, et al., (2009), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 652)

2.7.1 Olis essencials com a repel·lents dels insectes

Els repel·lents són barreres de vapor que prevenen que els insectes es posin en contacte amb una superfície. Avui dia, molts productes químics sintètics que s'usen per a controlar insectes i artròpodes, i per prevenir infestacions, estan causant problemes de salut i contaminació ambiental, també, molts insectes s'han tornat resistents a aquests productes, el que implica que s'ha d'aplicar una major quantitat d'insecticida o insecticides més tòxics.

Les molècules aïllades de plantes, majorment dels seus olis essencials, actuen com a repel·lents dels insectes, particularment si es combinen amb altres productes naturals, i suposen una alternativa menys tòxica per als repel·lents d'insectes i d'artròpodes sintètics.

Els olis essencials d'*Ocimum spp.*, *Eucalyptus spp.*, i *Cymbopogon spp.*, són àmpliament utilitzats com a repel·lents d'insectes. També, alguns components majoritaris, com el citronellol, camphor, thymol, alfa-pinene, i limonene, han mostrat una bona activitat com a repel·lents d'insectes (Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019). A les següents taules es mostren alguns olis essencials amb activitat com repel·lents d'insectes. El títol indica la família de l'insecte.

2.7.1.1 *Diptera*

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Croton pseudopulchellus</i>	"
	<i>Mkilua fragrans</i>	"
	<i>Endostemon tereticaulis</i>	"
	<i>Ocimum forskolei</i>	"
	<i>Ocimum fischeri</i>	"
	<i>Plectranthus longipes</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>A. gambiae</i>	

Referències: (Odalo, et al., (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 660)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Pimpinella anisum</i>	Anís o matafaluga
	<i>O. basilicum</i>	Alfàbrega
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>Culex pipiens</i>	

Referències: (Erlor, et al., (2006), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 660)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Baccharis spartioides</i>	"
	<i>Aloysia citriodora</i>	Marialluïsa
Nom científic dels insectes	<i>A. aegypti</i>	

Referències: (Gilji, et al., (2008), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 660)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Mentha piperita</i>	Menta pebrera
Nom científic dels insectes	<i>Anopheles annularis; Anopheles culicifacies; C. quinquefasciatus</i>	

Referències: (Ansari, et al., (2000), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 662)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Z. pipertium</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>A. aegypti</i>	

Referències: (Choochote, et al., (2007), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 662)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Eucalyptus maculata citriodora</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>Mansonia</i>	

Referències: (Hadis, et al., (2003), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, pàg. 660)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Conyza newii</i>	"
	<i>Tarchonanthus camphoratus</i>	"
	<i>Tetradenia riparia</i>	"
	<i>Lippia javanica</i>	"
	<i>Lippia ukambensis</i>	"
	<i>Plectranthus marrubioides</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>A. gambiae</i>	

Referències: (Omolo, et al., (2004), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 660)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Curcuma longa</i> L.	Cúrcuma
	<i>C. winterianus</i>	"
	<i>O. americanum</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>A. dirus</i> ; <i>C. quinquefasciatus</i>	

Referències: (Tawatsin, et al., (2001), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, pàg. 664)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>C. citratus</i>	Canya llimona
Nom científic dels insectes	<i>A. aegypti</i>	

Referències: (Oyedele, et al., (2002), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 660)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>O. selloi</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>A. braziliensis</i>	

Referències: (Padilha da Paula, et al., (2003), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 662)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>O. basilicum</i>	Alfàbrega
Nom científic dels insectes	<i>Anopheles stephensi</i> ; <i>A. aegypti</i> ; <i>C. quinquefasciatus</i>	

Referències: (Prajapati, et al., (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 662)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romani
Nom científic dels insectes	<i>Anopheles stephensi</i> ; <i>A. aegypti</i> ; <i>C. quinquefasciatus</i>	

Referències: (Prajapati, et al., (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 662)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Canyeller
Nom científic dels insectes	<i>Anopheles stephensi</i> ; <i>A. aegypti</i> ; <i>C. quinquefasciatus</i>	

Referències: (Prajapati, et al., (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 662)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>C. citratus</i>	Canya llimona
Nom científic dels insectes	<i>C. quinquefasciatus</i>	

Referències: (Pushpanathan, et al., (2006), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 662)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Zingiber officinalis</i>	Gingebre
Nom científic dels insectes	<i>C. quinquefasciatus</i>	

Referències: (Pushpanathan, et al., (2008) citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 662)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Moschosma polystachyum</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>C. quinquefasciatus</i>	

Referències: (Rajkumar & Jebanesan, (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 662)

Fonts d'olis essencials	Espècie	Nom comú
repel·lents d'insectes	<i>Solanum xanthocarpum</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>C. quinquefasciatus</i>	

Referències: (Rajkumar & Jebanesan, (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 662)

Fonts d'olis essencials	Espècie	Nom comú
repel·lents d'insectes	<i>Z. limonella</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>A. dirus</i> ; <i>C. quinquefasciatus</i>	

Referències: (Trongtokit, et al., (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 662)

Fonts d'olis essencials	Espècie	Nom comú
repel·lents d'insectes	<i>Pogostemon cablin</i>	Pàtxuli
Nom científic dels insectes	<i>A. aegypti</i> ; <i>C. quinquefasciatus</i> ; <i>A. dirus</i>	

Referències: (Trongtokit, et al., (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 664)

Fonts d'olis essencials	Espècie	Nom comú
repel·lents d'insectes	<i>Syzygium aromaticum</i>	Clavell d'espècia
Nom científic dels insectes	<i>A. aegypti</i> ; <i>C. quinquefasciatus</i> ; <i>A. dirus</i>	

Referències: (Trongtokit, et al., (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 664)

Fonts d'olis essencials	Espècie	Nom comú
repel·lents d'insectes	<i>Z. limonella</i> <i>C. nardus</i>	" Citronella
Nom científic dels insectes	<i>A. aegypti</i>	

Referències: (Trongtokit, et al., (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 664)

Fonts d'olis essencials	Espècie	Nom comú
repel·lents d'insectes	<i>E. globulus</i>	Eucaliptus blau
Nom científic dels insectes	<i>A. albopictus</i>	

Referències: (Yang & Ma, (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 664)

Fonts d'olis essencials	Espècie	Nom comú
repel·lents d'insectes	<i>D. caryophyllum</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>A. aegypti</i>	

Referències: (Tunón, et al., (2006) citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 664)

2.7.1.2 Isoptera

Fonts d'olis essencials	Espècie	Nom comú
repel·lents d'insectes	<i>Calocedrus macrolepis</i> <i>Cryptomeria japonica</i> <i>Chamaeyparis obtusa</i>	" " Xiprer japonès o Xiprer hinoki
Nom científic dels insectes	<i>Coptotermes formosanus</i>	

Referències: (Chang, et al., (2007), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 666)

2.7.1.3 Thysanoptera

Fonts d'olis essencials	Espècie	Nom comú
repel·lents d'insectes	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romaní
Nom científic dels insectes	<i>Thrips tabaci</i>	

Referències: (Koschier & Sedy, (2003), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 666)

2.7.1.4 Phthiraptera

Fonts d'olis essencials	Espècie	Nom comú
repel·lents d'insectes	<i>Mentha pulegium</i>	Poliol
Nom científic dels insectes	<i>P. humanus capitis</i>	

Referències: (Toloz, et al., (2006), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 666)

2.7.1.5 *Cleoptera*

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Laurus nobilis</i>	Llorer o llor
	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romaní
	<i>E. globulus</i>	Eucaliptus blau
	<i>Juniperus oxycedrus</i>	Càdec o Ginebró
	<i>Lavandula hybrid</i>	"
	<i>Mentha microphylla</i>	"
	<i>Mentha vidris</i>	"
	<i>Apium graveolens</i>	Api
Nom científic dels insectes	<i>Acanthoscelides obtectus</i>	

Referències: (Papachristos & Stamopoulos, (2002), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 666)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Perilla frutescens</i>	" o perilla coreana
	<i>Thymus vulgaris</i>	Farigola
	<i>Satureja hortensis</i>	Sajolida de jardí
	<i>Mentha piperita</i>	Menta pebrera
	<i>Cinnamomum càssia</i>	"
	<i>Litsea cubeba</i>	"
Nom científic dels insectes	<i>L. serricorne</i>	

Referències: (Hori, (2003), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 666)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Nigella sativa</i>	Pebreta
	<i>Trachyspermum ammi</i>	"
	<i>Anethum graveolens</i>	Anet
Nom científic dels insectes	<i>T. castaneum</i>	

Referències: (Chaubey,, (2007), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 666)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>B. salicifolia</i>	Baccharis salicina
Nom científic dels insectes	<i>T. castaneum</i>	

Referències: (García, et al., (2005), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 666)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Artemisia annua</i>	Artemísia anual
Nom científic dels insectes	<i>T. castaneum</i>	

Referències: (Goel, et al., (2007), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 666)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>O. basilicum</i>	Alfàbrega
Nom científic dels insectes	<i>Callosobruchus maculatus</i>	

Referències: (Pascual & Ballesta, (2003), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 666)

Fonts d'olis essencials repel·lents d'insectes	Espècie	Nom comú
	<i>Artemisia vulgaris</i>	Altimira
Nom científic dels insectes	<i>T. castaneum</i>	

Referències: (Wang, et al., (2006), citat per Akhtar, Swamy, & Sinniah, 2019, p 666)

3 PART TEÒRICA: UTILITZACIÓ DELS OLIS ESSENCIALS EN CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

3.1 CONTROL DE LA BIODETERIORACIÓ DELS BÉNS CULTURALS: REVISIÓ D'ARTICLES

“El control de biodeterioració dels materials del patrimoni cultural inclou possibles mesures per aturar la degradació causada tant per microorganismes com per organismes i, quan sigui possible, per retardar la seva reaparició. Tots els artefactes, amb el temps, són atacats per biodeteriògens (BDs). Malgrat el gran ús dels biocides químics, els productes naturals, especialment els olis essencials, estan esdevenint solucions efectives per a la restauració i conservació del patrimoni cultural.” (Vito, Sclocchi, Girolamo, & Mondello, 2015)

Com s'ha explicat als anteriors apartats, una gran quantitat d'olis essencials de diferents plantes s'han mostrat eficaços contra la proliferació d'un nombre important de bacteris i fongs, de la mateixa manera, també s'ha demostrat la seva utilitat com a repel·lents d'insectes. No obstant això, si es volen aplicar en el camp de la conservació-restauració, no es pot tenir en compte únicament la seva efectivitat davant de la biodeterioració, sinó també la manera en què poden afectar el bé cultural en qüestió.

Les propietats dels olis essencials, juntament amb la seva baixa toxicitat i impacte ambiental, són els motius que estan fent que l'interès sobre les seves aplicacions al món de la conservació-restauració augmenti, ja que poden suposar una alternativa als biocides tradicionals, els quals generalment són força tòxics i més contaminants. És per aquests motius que en l'última dècada s'han realitzat diverses investigacions entorn de les possibles aplicacions dels olis essencials com a agents biocides que es puguin aplicar al control de la biodeterioració dels béns culturals.

A continuació es planteja una revisió d'articles d'investigació on l'objecte d'estudi ha estat l'ús d'olis essencials per al control biològic en l'àmbit de la conservació-restauració, per obtenir una millor perspectiva de quin és l'estat de la qüestió en aquesta matèria actualment. S'han classificat els articles en funció del tipus de material del bé cultural (document, fusta, pedra, etc.). Al final de cada subapartat es pot trobar un resum on es recullen els coneixements que aquests estudis aporten, pel que fa a olis essencials més utilitzats per tractar la biodeterioració al material d'estudi (paper, fusta, teixit, etc.), i respecte als efectes que els olis essencials estudiats tenen sobre el suport.

3.1.1 Aplicacions dels olis essencials en béns de patrimoni documental

Cribatge de l'activitat antifúngica d'olis essencials i compostos relacionats per controlar la biocontaminació a les biblioteques i àrees d'emmagatzematge d'arxius

Objecte d'investigació

Investigar l'activitat antifúngica dels vapors de nou olis essencials (clau, boldo, eucaliptus, *Ravensara aromatica*, espígol, te, *Thuja occidentalis*, te bord) i cinc dels seus components principals, contra espècies de fongs que es troben habitualment en materials d'arxiu i biblioteca. També, s'ha avaluat l'efecte del linalol (component majoritari de l'espígol) sobre les característiques fisicoquímiques dels papers.

Conclusions

Es van demostrar les activitats inhibidores dels nou olis essencials i els cinc components principals aplicats en fase de vapor contra les espècies de fongs. Respecte del linalol, es va concloure que el seu ús com a alternativa al fungicides químics tradicionals per desinfectar documents amb fongs no és recomanable, ja que els vapors de linalol, tot i que no van afectar la brillantor dels dos tipus de paper provat, ni al seu grau de polimerització de la cel·lulosa, van reduir el pH dels papers. No obstant això, aconsellen el seu ús com a complement a les mesures de control ambiental, per prevenir la contaminació per fongs a les zones d'emmagatzematge de béns culturals.

Autors: Malalanirina Sylvia Rakotonirainy, Bertrand Lavédrine

Any de publicació: 2004

Referència: (Rakotonirainy & Lavédrine, 2005)

Els olis essencials. Conservació preventiva en el control microbiològic

Objecte d'investigació

Comprovar l'eficàcia de l'eugenol, timol i citronel·lol, provinents dels OE de clau, farigola i citronella respectivament, sobre fongs patògens recollits en biblioteques i arxius locals, mitjançant un antibiograma sobre diferents soques aïllades de material d'arxiu contaminat amb les espècies de fongs: *Chaetium*, *Phoma Glomerata*, *Scopulariopsis*, i comparar l'eficàcia dels OE amb la del Solbrol® M. (metilparaben), un biocida de síntesi.

Conclusions

Al cap de deu dies es van obtenir resultats confirmant l'eficàcia de l'eugenol (clau). Els altres discos, impregnats de timol (farigola) i de citronel·lol (citronella), inclòs el del biocida de síntesi (Solbrol® M), estaven contaminats pels fongs.

Autores: Rosa Martínez Carrión i Rosa Rocabayera Viñas

Any de publicació: 2011

Referència: (Martínez Carrión & Rocabayera Viñas, 2011)

Scopulariopsis sp. i Fusarium sp. al Patrimoni Documental: Avaluació de la seva capacitat de biodeterioració i efecte antifúngic de dos olis essencials

Objecte d'investigació

Es va avaluar la capacitat com a biocida de dos olis essencials d'*Origanum vulgare* L. (Orenga) i *Thymus vulgaris* L. (Farigola), davant de fongs trobats en patrimoni documental: *Scopulariopsis sp.* i *Fusarium sp.*

Conclusions

Es va demostrar que els compostos volàtils dels OE tenen activitat antifúngica contra els fongs testats.

Autores: Paola Lavin, Sandra G. Gómez de Saravia, Patricia Guiamet

Any de publicació: 2015

Referència: (Lavin, Gómez de Saravia, & Guiamet, 2015)

Olis essencials i extractes vegetals en el control de la biodeterioració del patrimoni documental argentí i cubà

Objecte d'investigació

Estudiar el control de la biodeterioració de documents utilitzant biocides naturals. La capacitat com a biocida es va analitzar enfront de soques de bacteris i fongs aïllades de diferents documents. Es van analitzar els olis essencials de les plantes *Pimpinella anisum* (anís), *Syzygium aromaticum* (clau), *Cuminum cyminum* (comí), *Allium sativum* (all), *Laurus nobilis* (llorer), *Pinus caribaea*, *Eucalyptus citriodora* i *Origanum vulgare* (orenga). Les soques bacterianes utilitzades van ser *Bacillus polymyxa*, *Bacillus cereus*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus sp.*, *Enterobacter agglomerans* i *Streptomyces sp.* Les soques de fongs van ser *Aspergillus niger*, *Aspergillus clavatus*, *Penicillium sp.*, i *Fusarium sp.*

Conclusions

Es va observar efecte biocida en la majoria d'extractes i olis essencials assajats enfront de soques de bacteris i fongs aïllades de documents pertanyents al patrimoni documental argentí i cubà. Malgrat que els fongs són generalment més resistents als antimicrobians, els olis essencials van ser efectius davant dels fongs assajats. Dels resultats obtinguts es dedueix l'ús prometedor de biocides naturals en el control de microorganismes associats a la biodeterioració del patrimoni documental.

Autors: Sandra G. Gómez De Saravia, Sofía Borrego, Paola Lavin, Oderlaise Valdés, Patricia Battistoni, Patricia Guimet

Any d'exposició de la conferència: 2011

Referència: (Gómez De Saravia, et al., 2011)

Estudi comparatiu de l'efecte antifúngic d'extractes naturals i olis essencials d'*Ocimum basilicum* sobre artefactes seleccionats

Objecte d'investigació

Aquest estudi compara l'eficiència d'extractes naturals hidroalcohòlics i d'olis essencials d'*Ocimum basilicum* (alfàbrega) obtinguts de plantes natives de Romania, enfront del creixement fúngic en artefactes patrimonials de paper. Per als estudis antifúngics, s'han centrat en espècies de fongs que es desenvolupen en artefactes de paper: *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* i *Mucor sp.*

Conclusions

Tots els extractes i olis utilitzats han demostrat tenir activitat antifúngica, cap d'ells ha afavorit el desenvolupament de fongs. Els resultats presentats ofereixen la possibilitat d'usar extractes naturals per a l'eliminació de biodeterioració, els quals tenen l'avantatge de tenir un cost més baix que els olis essencials, i han demostrat tenir una eficiència similar.

Autors: Irina Fierascu, Rodica Mariana Ion, Mihai Radu, Stefan Ovidiu Dima, Ioana Raluca Bunghez, Sorin Marius Avramescu, Radu Claudiu Fierascu

Any de publicació: 2014

Referència: (Fierascu, et al., 2013)

Activitat antifúngica de l'oli essencial de clau d'olor en el control de la biodeterioració fúngica de documents

Objecte d'investigació

L'objectiu d'aquest treball va ser avaluar l'activitat antifúngica de l'oli essencial de clau d'espècia pur, i a diferents concentracions (75, 50, 25 i 12,5%, v/v) dissolt en etanol al 70% davant tres soques fúngiques (*Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* i *Penicillium aurantiogriseum*) aïllades de l'aire dels dipòsits de l'Arxiu Nacional de la República de Cuba (Arnac) i de documents danyats. També estudiar l'efecte de l'oli essencial sobre el paper abans i després d'un envelliment accelerat mitjançant microscòpia electrònica de rastreig, la determinació del pH, de l'índex de coure i observant si hi ha aparició de taques.

Conclusions

L'oli essencial de clau d'olor va mostrar activitat antifúngica de positiva a moderada fins a la concentració del 25% per a les tres espècies fúngiques en estudi. L'oli essencial de clau d'olor pur no va afectar el paper estructuralment, però, concentracions de fins al 12,5% van poder danyar-lo molecularment i estèticament. Encara que els danys podrien atenuar en la mesura que es disminueixi la concentració de l'oli. Pels resultats obtinguts, l'oli essencial de clau d'olor pot ser una alternativa de biocida vegetal per al control de la biodeterioració de documents en suport paper. Encara que, s'haurà de continuar aprofundint en les investigacions.

Autores: Oderlaise Valdés, Sofía Borrego, Isbel Vivar, Matilde Anaya, Alian Molina

Any de publicació: 2016

Referència: (Valdés, Borrego, Vivar, Anaya, & Molina, 2016)

Activitat biocida de dos olis essencials sobre fongs que degraden documents de paper

Objecte d'investigació

L'objectiu d'aquest estudi era avaluar la capacitat com a biocida d'olis essencials de *Syzygium aromaticum* (clau) i *Allium sativum* (all) contra diferents espècies de fongs que produeixen degradació i deteriorament del paper (*Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* i *Penicillium sp.*), aïllats d'ambients interiors de l'arxiu i de documents amb valor patrimonial. La capacitat com a biocida es va estudiar a diferents concentracions (70, 50, 25, 12,5 i 7,5%) dels olis essencials dissolts en etanol al 70%. L'efecte dels extractes sobre les alteracions del paper es va estudiar mitjançant diferents tècniques.

Conclusions

L'estudi de l'activitat antifúngica sobre paper demostra que tant l'oli de clau com el d'all, són biocides potents. Els olis essencials de clau i all purs no afecten l'estructura, mida o textura de les fibres del paper abans o després de provocar un envelliment accelerat del paper. Però, el pH i el nombre de coure, indicatiu del dany molecular de la cel·lulosa, mostren diferents comportaments. El pH dels papers als quals s'ha aplicat un oli essencial, disminueix després de l'envelliment accelerat en la major part dels casos. L'envelliment accelerat també fa disminuir el pH, de manera que no necessàriament és l'oli essencial el que provoca aquest efecte, això es confirma amb el paper de control (sense oli essencial) el qual també disminueix el seu pH després del procés d'envelliment accelerat. Els papers amb oli essencial d'all al 7,5% i al 12,5% (en etanol al 70%) van tenir el menor descens de pH, molt semblant al del paper de control, per altra banda, el descens més gran de pH es va produir amb l'oli essencial de clau al 50% (en etanol al 70%). Pel que fa als danys en la cel·lulosa, s'ha conclòs que es redueixen amb concentracions baixes dels olis essencials.

Autores: Sofía Borrego, Sandra Gómez De Saravia, Oderlaise Valdés, Isbel Vivar, Patricia Battistoni, Patricia Guiamet

Any de publicació: 2016

Referència: (Borrego, et al., 2016)

Desinfecció de documents d'arxiu amb oli essencial de farigola, nebulització de nanopartícules de plata i plasma de baixa temperatura

Objecte d'investigació

L'objectiu de la investigació era determinar l'efectivitat dels següents mètodes de desinfecció de documents d'arxiu: oli essencial de farigola, nebulització de nanopartícules de plata (AgNPs) i plasma de baixa temperatura (LTP). A més, es va examinar la influència de la desinfecció en les propietats mecàniques i òptiques del paper de llibres històrics amb diferents nivells de contaminació microbiana.

Conclusions

El mètode de nebulització de nanopartícules de plata (AgNPs) va ser més eficaç per a la inhibició bacteriana que el plasma de baixa temperatura LTP. L'oli essencial de farigola (TEO) presenta un espectre més ampli d'activitat fungicida en comparació amb els mètodes AgNPs i LTP.

Autors: Katarzyna Pietrzak, Anna Otlewska, Dariusz Danielewicz, Katarzyna Dybka, Domenico Pangallo, Lucia Kraková, Andrea Puškárová, Mária Bučková, Vladimír Scholtz, Michal Ďurovič, Barbara Surma-Ślusarska, Kateřina Demnerová, Beata Gutarowska

Any de publicació: 2018

Referència: (Pietrzak, et al., 2017)

3.1.2 Aplicacions dels olis essencials en béns culturals de fusta

Olis Essencials com a Biocides Naturals en Conservació d'herència cultural

Objecte d'investigació

Contrastar els processos de biodeterioració induïts per la colonització de fongs (*Aspergillus flavus*) o la infestació d'insectes (*Anobium punctatum* o corcs comuns), exposant obres d'art de fusta als compostos volàtils d'olis essencials d'*Origanum vulgare* o *Thymus vulgaris*.

Conclusions

Avaluant els efectes als sistemes biològics, la compatibilitat amb els materials constitutius d'obres d'art i la manca d'efectes negatius sobre la salut humana, i la contaminació ambiental, l'ús d'olis essencials com a alternativa vàlida als biocides tradicionals s'hauria de considerar.

Autors: Franco Palla, Maurizio Bruno, Federica Mercurio, Antonella Tantillo and Valentina Rotolo

Any de publicació: 2020

Referència: (Palla, Bruno, Mercurio, Tantillo, & Rotolo, 2020)

3.1.3 Aplicacions dels olis essencials en béns culturals de fusta i pedra

Cinamaldehyd, potencial agent actiu per a la conservació de fusta i artefactes de pedra

Objecte d'investigació

Provar l'eficàcia d'un component majoritari de l'OE de canyella (Cinamaldehyd) contra cinc agents biològics habituals dels béns culturals religiosos fets de fusta i/o pedra. Aquests agents van ser, dos organismes fotoautòtrofs (una alga verda *Chlorella* sp i un cianobacteri *Chroococcus* sp.), dos tipus de fongs (un fong imperfecte *Torula* sp i un basidiomicet *Coniophora puteana*) i un insecte (*Hylotrupes bajulus* o corcs grans).

Conclusions

L'alga *Chlorella* sp., el cianobacteri *Chroococcus* sp. i el fong *Torula* sp., van ser més sensibles al cinamaldehyd que el fong *Coniophora puteana*. L'insecte sembla ser resistent a aquest producte.

Autors: Loredana Axinte, Oana-Adriana Cuzman, Elisabeta Feci, Sabrina Palanti, Piero Tiano

Any de publicació: 2011

Referència: (Axinte, Cuzman, Feci, Palanti, & Tiano, 2011)

L'activitat antifúngica dels olis essencials seleccionats i del biocida clorur de benzalconi contra els fongs aïllats d'objectes de patrimoni cultural

Objecte d'investigació

Es va investigar l'activitat antifúngica dels olis essencials d'*Origanum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* i *Lavandula angustifolia* i del biocida clorur de benzalconi contra fongs aïllats de substrats de pedra (*Bipolaris spicifera* i *Epicoccum nigrum*) i de fusta (*Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*, *Trichoderma viride*) d'objectes de patrimoni cultural.

Conclusions

L'oli essencial de *O. vulgare* i el clorur de benzalconi van mostrar les activitats antifúngiques més fortes seguides dels olis essencials de *R. officinalis* i *L. angustifolia*. El fong més susceptible als tractaments amb oli essencial va ser *E. nigrum*. *A. niger* i *A. ochraceus*, van ser els més susceptibles al tractament amb el biocida.

Autors: M. Stupar a, M. Lj. Grbić, A. Džamić, N. Unković, M. Ristić, A. Jelikić, J. Vukojević

Any de publicació: 2014

Referència: (Stupar, et al., 2014)

3.1.4 Aplicacions dels olis essencials en béns culturals de Fusta i cuir

Prevenió de danys causats per fongs al nostre patrimoni cultural de la fusta i el cuir utilitzant components volàtils de plantes superiors

Objecte d'investigació

Investigar la capacitat com a biocides de vapors de 15 olis essencials contra fongs de les espècies *Aspergillus*, *Penicillium* i *Paecilomyces* trobades en béns culturals de fusta i pell.

Conclusions

Efectivitat dels vapors d'OE de les fulles de *Cinnamomum cassia* i els fruits *Trachyspermum ammi*, així com els seus constituents actius, l'aldehid cinàmic i el timol respectivament, fins i tot en condicions de temperatura i humitat favorables per a la infestació.

Autors: Pandey, V.N. Srivastava, A.K

Any de publicació: 1995

Referència: (Pandey & Srivastava, 1995)

3.1.5 Aplicacions dels olis essencials en patrimoni tèxtil

Aplicació d'oli essencial de *Cinnamomum zeylanicum* en fase de vapor per a la desinfecció de tèxtils patrimonials

Objecte d'investigació

Avaluar l'eficàcia de l'oli essencial de *Cinnamomum zeylanicum* en vapor per desinfectar tèxtils nous i patrimonials afectats per fongs (*Aspergillus niger*, *Penicillium funiculosum*, *Trichoderma viride*) i bacteris (*Streptomyces rutgersensis*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescents*), i el seu impacte en les seves propietats òptiques, mecàniques i estructurals.

Conclusions

No es van observar canvis significatius en els paràmetres òptics, mecànics i estructurals dels tèxtils després de la desinfecció. Pot ser un mètode eficaç, sostenible i segur de desinfecció de tèxtils patrimonials.

Autors: Katarzyna Matusiak, Waldemar Machnowski, Henryk Wrzosek, Jowita Polak, Katarzyna Rajkowska, Krzysztof Śmigielski, Alina Kunicka-Styczyńska, Beata Gutarowska

Any de publicació: 2018

Referència: (Matusiak, et al., 2018)

3.1.6 Aplicació dels olis essencials en béns culturals de seda pedra, maó i paper

Comparació de l'activitat anti-Aspergillus de l'oli essencial d'Origanum vulgare L. i d'un biocida comercial basat en ions de plata i peròxid d'hidrogen

Objecte d'investigació

Avaluar les activitats antifúngiques de l'oli essencial d'*Origanum vulgare* i d'un biocida basat en plata i peròxid d'hidrogen (Sanosil S003) contra set espècies d'*Aspergillus* aïllades de diferents substrats (pedra, maó, seda i paper) d'objectes de patrimoni cultural a Sèrbia.

Conclusions

L'oli essencial d'*O. vulgare* va mostrar una capacitat com a biocida contra *Aspergillus* més forta que Sanosil S003, podria ser una excel·lent alternativa als biocides comercials.

Autors: Željko Savković, Miloš Stupar, Milica V. Ljaljević Grbić, Jelena Vukojević

Any de publicació: 2016

Referència: (Savković, Stupar, Grbić, & Vukojević, 2016)

3.1.7 Aplicació dels olis essencials en material arqueològic

L'efecte d'alguns olis essencials a l'aspergillus niger i alternaria alternata infestació a pintures d'oli arqueològiques

Objecte d'investigació

Avaluar la capacitat antifúngica dels olis essencials de marduix, càmfora, clau i alfàbrega contra *Aspergillus niger* i *Alternaria alternata*, dos dels fongs més comuns que infesten les pintures a l'oli arqueològiques i altres objectes patrimonials. S'han provat els seus efectes sobre models de pintura simulats.

Conclusions

Els olis essencials de clau i càmfora són els olis més potents entre els quatre olis essencials estudiats com a materials antifúngics de *A. alternata* i *A. niger* en diferents concentracions. Com més augmenta la concentració d'oli, més eficaç és la inhibició del creixement dels fongs. Els olis essencials són completament segurs i no han tingut efectes secundaris en els models de pintura simulats.

Autors: Yosr Elsayed, Yasser Shabana

Any de publicació: 2018

Referència: (Elsayed & Shabana, 2018)

Olis essencials i de recuperació de les flors de camamilla de Matricaria com a fungicides respectuosos amb el medi ambient contra quatre fongs aïllats d'objectes de patrimoni cultural

Objecte d'investigació

Analitzar l'activitat antifúngica d'olis de recuperació (obtinguts a partir de la hidro-destil·lació), i olis essencials de les flors fresques de la camamilla de Matricària, contra el creixement de fongs aïllats de manuscrits arqueològics: *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. terreus* i *Fusarium culmorum*.

Conclusions

Ambdós olis van presentar activitat contra el creixement de quatre fongs aïllats d'objectes del patrimoni cultural, podrien considerar-se com una font alternativa per als antifúngics comercials.

Autors: Mervat EL-Hefny, Wael A.A. Abo Elgat, Asma A. Al-Huqail, Hayssam M. Ali

Any de publicació: 2019

Referència: (EL-Hefny, Elgat, Al-Huqail, & Ali, 2019)

Eficàcia d'olis essencials sobre fongs aïllats d'objectes arqueològics a l'excavació de Saqqara

Objecte d'investigació

Examinar les activitats antifúngiques de 12 olis essencials (comí negre, ricí, canyella, clau, comí, all, gerani, espígol, citronella, menta, oliva i farigola) contra 16 espècies de fongs aïllades de tres objectes arqueològics (paret d'una pintura de pedra, estàtua de fusta i taüt de ceràmica) de botigues Saqqara a Egipte.

Conclusions

Els més eficients van ser la farigola, seguit de clau i gerani. El timol i el p-Cymene van ser els components actius de la farigola més eficients, la triacetina i l'eugenol van ser els components més eficients de l'oli de clau, seguits dels components actius del gerani (a-Citronellol i Geraniol). El fong *Aspergillus niger* va ser l'espècie més resistent, mentre que *Fusarium oxysporum* i *Penicillium citrinum* eren les més susceptibles.

Autor: Neveen S. Geweely, Hala A. Afifi, Dalia M. Ibrahim & Mona M. Soliman

Any de publicació: 2018

Referència: (Geweely, Afifi, Ibrahim, & Soliman, 2018)

3.1.8 Aplicació dels olis essencials per a la conservació preventiva de pintura mural

L'oli essencial d'alfàbrega com a alternativa als biocides comercials contra els fongs associats a les taques negres en la pintura mural

Objecte d'investigació

Trobar un biocida ecològicament innocu i segur per eliminar fongs que formen taques negres a unes pintures murals dels segles XV i XVI al nord de Portugal. Aquests fongs són: *Alternaria alternata*, *Alternaria tenuissima*, *Pestalotia sp.* i *Penicillium sp.* Es van provar olis essencials de *Rosmarinus officinalis*, *Foeniculum vulgare*, *Citrus lemmon*, *Ocimum basilicum* i *Salvia officinalis*, i biocides comercials (clorur de benzalconi, Preventol R80, CaSoPaL® i Durolith®), per avaluar la seva eficàcia i comparar-los.

Conclusions

L'alfàbrega (*Ocimum basilicum*) va ser inhibir el creixement de totes les soques provades. Dels biocides comercials, el clorur de benzalconi i el Preventol R80 van ser els que van obtenir un millor rendiment, però van necessitar concentracions superiors a l'oli essencial d'alfàbrega per obtenir el mateix resultat

Autors: Alexandra Marco, Sandra Santos, Joaquim Caetano, Manuela Pintado, Eduarda Vieira, Patrícia R. Moreira

Any de publicació: 2019

Referència: (Marco, et al., 2019)

3.1.9 Aplicació dels olis essencials en obres de marbre

Bioteχνologia i conservació del patrimoni cultural

Objecte d'investigació

Definir l'estratègia de conservació d'una font de marbre (dos dracs, segle XV) situada al centre de Palerm, basada en procediments ecològics. En aquesta font s'han identificat diversos sistemes biològics: algues verdes (*Chlorella*) i cianobacteris (*Cyanobium*, *Oscillatoria*); bacteris (*Arthrobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Paracoccus*); fongs (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Phoma*, *Fusarium*, *Cladosporium*). Per tal d'abordar la colonització biològica, s'han analitzat els olis essencials comercials d'arbre de te (*Melaleuca alternifolia*) i els olis essencials destil·lats en laboratori de *Calamintha nepeta* i *Allium sativum*.

Conclusions

Aquest estudi posa en relleu que els OE poden substituir els biocides tradicionals, però l'autor recalca que cal avaluar l'activitat prèviament centrant l'elecció específicament en cada taxó microbià identificat.

Autors: Franco Palla

Any de publicació: 2020

Referència: (Palla, 2020)

Inhibició del creixement bacterià sobre pedra de marbre del segle XVIII mitjançant tractament d'olis essencials nano encapsulats

Objecte d'investigació

L'estudi informa de l'ús de suspensions de nano càpsules carregades d'olis essencials d'*Origanum vulgare* i *Thymus capitatus* per controlar el desenvolupament del creixement bacterià de dos microorganismes (*Escherichia coli* i *Kocuria rhizophila*) en la pedra de marbre del segle XVIII de l'altar d'una església.

Conclusions

No es va observar cap canvi estructural a la pedra després del tractament amb la suspensió aquosa que contenia nanopartícules. Els sistemes de nano estructurats van ser capaços d'inhibir el creixement bacterià a la pedra. Les nanocàpsules, basades en polímer biodegradable i biocompatible (poli (ε-caprolactona)), carregades amb EO de farigola capitada, són més eficients que les nanocàpsules carregades amb EO d'orenga. Els resultats obtinguts van evidenciar el potencial d'aquests biocides naturals en el tractament del patrimoni cultural deteriorat.

Autors: Ida Romano, Giuseppe Granata, Annarita Poli, Ilaria Finore, Edoardo Napoli, Corrada Geraci

Any de publicació: 2020

Referència: (Romano, et al., 2020)

3.1.10 Aplicació dels olis essencials en objectes històric-artístics de material no especificat

Els extractes de plantes com a estratègies potencials verdes per controlar la biodeterioració del patrimoni cultural

Objecte d'investigació

Avaluar l'activitat antimicrobiana de l'oli essencial de l'arbre del te, el de *Calamintha nepeta* i els extractes d'*Alumum sativum* contra microorganismes aïllats d'obres d'art colonitzades per *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Penicillium chrysogenum* i *Aspergillus spp.*

Conclusions

Els resultats confirmen les dades reportades a la literatura sobre l'activitat antimicrobiana d'ampli espectre dels olis essencials. Es pot considerar aplicar extractes de *C. nepeta* com a antimicrobians sobre artefactes.

Autors: Valentina Rotolo, Giovanna Barresi, Enza Di Carlo, Ambra Giordano, Giovanna Lombardo, Eleonora Crimi, Eliana Costa, Maurizio Bruno, Franco Palla

Any de publicació: 2016

Referència: (Rotolo, et al., 2016)

3.1.11 Aplicació dels olis essencials en art contemporani

Conservació de material orgànic comestible com a objecte d'art Santa Comida, Miralda

Objecte d'investigació

Avaluar l'activitat antifúngica de l'oli essencial de clau d'olor en instal·lacions d'Antoni Miralda, on l'aliment té un paper rellevant i esdevé un mitjà d'expressió artística. Arran de la presència d'aliments a la instal·lació, es va dur a terme un estudi amb l'objectiu d'aconseguir mantenir els productes en bon estat el màxim de temps possible mentre durava l'exposició.

Conclusions

L'activitat bacteriana i fúngica, limitada a *Bacillus subtilis* i *Penicillium rugulosum*, va resultar ser igual o inferior a la detectada en altres sales del museu on els nivells d'activitat microbiològica estaven dins de la normalitat en un espai obert al públic. La utilització d'olis essencials de canyella, clau, farigola i espígol, així com clau en espècie, va permetre prolongar la conservació de certs aliments presents en la instal·lació.

Títol: Autor: Museu d'Art Contemporani de Barcelona

Referència: (Museu d'Art Contemporani de Barcelona, s.f.)

3.2 ALTRES APLICACIONS DELS OLIS ESSENCIALS EN CONSERVACIÓ RESTAURACIÓ

3.2.1 Aplicació dels olis essencials per al control de plagues a museus

Determinació de la toxicitat d'olis essencials vegetals per a les plagues d'insectes museogràfics

Objecte d'investigació

Es va investigar l'eficàcia de fumigació dels olis essencials derivats de 13 espècies vegetals contra 4 plagues d'insectes trobats en patrimoni museístic (*Lasioderma serricorne*, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium confusum* i *Falsogastrallus sauteri*).

Conclusions

Es van observar diferències considerables entre diferents olis essencials en els seus efectes sobre la mateixa plaga d'insectes i entre diferents plagues en resposta a un mateix oli essencial. Es va trobar que quatre dels olis essencials estudiats (de gerani, de pàtxuli, de cantalup i de *Nardostachys jatamansi*) presentaven una activitat insecticida elevada de fumigació contra les 4 plagues. Es conclou que els olis essencials vegetals són una prometedora perspectiva de desenvolupament com a possibles pesticides botànics.

Autors: Wang Chun, Yang DeJun, Hu ShiLin, Tan Qun

Any de publicació: 2000

Referència: (Chun, DeJun, ShiLin, & Qun, 2000)

3.2.2 Aplicació dels olis essencials per a eliminar cinta adhesiva patrimoni documental

Formulació d'un removedor a base d'olis essencials (taronja, eucaliptus) per a cinta adhesiva de control de béns de la Memòria Documental i de Patrimoni Històric de la Universitat Central de l'Equador

Objecte d'investigació

Formular un producte a base d'olis essencials (taronja, eucaliptus) per retirar la cinta adhesiva de control de béns de la Universitat central de l'Equador present en llibres de segle XX.

Conclusions

Es va aconseguir formular un removedor a base d'olis essencials (taronja i eucaliptus) per a la cinta adhesiva mitjançant assajos de prova / error utilitzant 3 tipus d'alcohols (etanol, isopropanol i butanol), variant les seves proporcions i estudiant el seu comportament sobre la cinta adhesiva.

Autor: Carlos Guillermo Corral Mendoza

Any de publicació: 2019

Referència: (Corral Mendoza, 2019)

4 CONCLUSIONS DE LA PART TEÒRICA

En aquesta part del treball, de caire teòric, en primer lloc, s'ha introduït el tema de què són els olis essencials i quines són les seves característiques principals (funció a la natura, matèria primera, mètodes d'obtenció, tipus d'olis essencials, composició química, i propietats biològiques). Aquesta introducció s'ha inclòs perquè es defineixen aspectes dels olis essencials que és necessari conèixer per comprendre les seves aplicacions en conservació-restauració.

Les aplicacions dels olis essencials en conservació-restauració, com s'ha pogut comprovar, estan molt lligades a les seves propietats biològiques, les quals a la vegada depenen de la seva composició química, variable en funció de la planta i l'òrgan de la planta d'on s'extreuen, i del mètode emprat per obtenir els olis essencials, que també afecta la puresa final del producte, i en conseqüència, també, a les seves propietats biològiques.

La característica que fa més atractiu aquest producte per al seu ús en conservació-restauració, és la seva capacitat biocida, aquesta capacitat podria estar relacionada amb la funció que assoleixen els olis essencials dins les plantes. Alguns olis essencials, s'ha demostrat que són productes que les plantes generen amb l'objectiu de repel·lir insectes o altre tipus d'organismes nocius per a elles, això explicaria perquè tants olis essencials han demostrat tenir propietats biocides.

En segon lloc, mitjançant una revisió bibliogràfica, s'ha extret informació sobre els olis essencials que s'han provat sobre objectes de patrimoni cultural de diversos materials.

A partir d'aquesta revisió bibliogràfica s'ha pogut concloure que la major part dels estudis realitzats han estat enfocats en l'ús d'olis essencials amb l'objectiu de controlar la biodeterioració en béns culturals. No obstant això, altres estudis han estat enfocats en l'ús d'olis essencials dins de l'àmbit del patrimoni cultural amb altres finalitats, per exemple, la tesis doctoral de Corral Mendoza, (2019) planteja l'ús d'olis essencials com a dissolvents de material adhesiu aplicat en documents històrics, i l'estudi de Chun, DeJun, ShiLin, & Qun, (2000) exposa la possibilitat d'usar els olis essencials de gerani, de pàtxuli, de cantalup (una varietat de meló) i de *Nardostachys jatamansi* (una espècie de plantes que creixen als Himalayas de Nepal) per fumigar quatre espècies d'insectes habituals en museus (*Lasioderma serricorne*, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium confusum* i *Falsogastrallus sauteri*).

No obstant això, la major part dels estudis s'han centrat en l'ús d'olis essencials per al control biològic d'objectes de diferents materials afectats per microorganismes (fongs i bacteris en la major part dels casos, i en algun cas, algues microscòpiques), i per insectes. Per conèixer l'efectivitat dels olis essencials en front d'aquesta biodeterioració, s'han fet diferents tipus d'assajos, en alguns assajos s'ha aplicat l'oli essencial directament sobre l'objecte contaminat, però, en la majoria s'ha agafat una mostra dels organismes causants de la deterioració de l'objecte, i mitjançant tècniques d'anàlisi com la microatmosfera, s'ha provat l'eficàcia dels olis essencials en front dels organismes. La diferència entre aquests dos tipus d'assaig, és que amb el primer tipus d'assaig, s'aconsegueixen dades sobre la interacció dels olis essencials amb el suport, mentre que en amb el segon tipus d'assaig, únicament s'obtenen dades sobre l'efectivitat dels olis essencials per inhibir o eliminar als organismes causants de la biodeterioració.

Aquesta revisió bibliogràfica és força extensa, de manera que, per tal de recollir de manera clara la informació que s'exposa, he elaborat una taula on es recull de manera resumida els coneixements més rellevants sobre els olis essencials que s'han provat, que s'haurien de tenir en compte en cas de voler aplicar-los sobre un bé cultural. Aquests coneixements són:

- ❖ El material constituït dels béns culturals amb que s'han fet els estudis (no necessàriament vol dir que s'hagi aplicat l'oli essencial sobre el material constituït del bé cultural, podria haver-se agafat una mostra d'un organisme del bé cultural, i haver-se provat l'eficàcia de l'OE sobre el microorganisme de manera aïllada).
- ❖ L'eficàcia de l'oli essencial per eliminar o inhibir el creixement de microorganismes o insectes procedents de béns culturals.
- ❖ Quins olis essencials s'han aplicat sobre un bé cultural de manera directa per tractar la biodeterioració.
- ❖ Quins efectes nocius han causat sobre els materials constituïts dels béns culturals.

La taula resum és la següent:

font de l'oli essencial	S'ha provat en béns culturals de	Eficàcia en front de la biodeterioració?				Aplicació directa sobre el bé cultural	Efectes nocius sobre els materials
		F*	B*	I*	A*		
Artemisia	Paper	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C *
Boldo	Paper	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Eucaliptus	Paper	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Ravensara aromatica	Paper	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Espígol	Paper, fusta, pedra	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Arbre del te	Paper	Sí	Sí	N.C	Sí	No	N.C
Thuja occidentalis	Paper	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Te bord	Paper	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Linalol (OE d'espígol)	Paper	Sí	N.C	N.C	N.C	Sí	Sí
Eugenol (OE de clau)	Paper	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Citronel·lol (OE de citronella)	Paper	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Farigola	Paper, fusta	Sí	Sí	Sí	N.C	Sí	No
Anís	Paper	Sí	No	N.C	N.C	No	N.C
Clau d'espècia	Paper, pintures arqueològiques, art contemporani fet de menjar	Sí	Sí ⁶	N.C	N.C	Sí	No ⁷
Comí	Paper	N.C	Sí	N.C	N.C	No	N.C
Llorer	Paper	Sí	Sí	N.C	N.C	No	N.C
Eucalyptus citriodora	Paper	Sí	Sí	N.C	N.C	Sí	No
Pinus caribaea	Paper	Sí	Sí	N.C	N.C	Sí	No
Alfàbrega	Paper, pintures arqueològiques, pintura mural	Sí	N.C	N.C	N.C	Sí	No
Romaní	Fusta, pedra	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Espígol	Paper fusta, pedra	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Cinnamomum cassia	Fusta i cuir	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Trachyspermum ammi	Fusta i cuir	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
Cinamaldehyd (OE de canyella)	Fusta, pedra, cuir	Sí	Sí	N.C	Sí	No	N.C
Timol (OE de farigola)	Paper, fusta, cuir	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C

⁶ Bona eficàcia contra bacteris Gram +, nul·la eficàcia contra bacteris Gram -

⁷ En concentracions baixes no provoca efectes nocius al paper, en concentracions elevades causa danys.

Canyeller	Tela	Sí	Sí	N.C	N.C	Sí	No
Marduix	Pintures arqueològiques	Sí	N.C	N.C	N.C	Sí	No
Càmfora	Pintures arqueològiques	Sí	N.C	N.C	N.C	Sí	No
Camamilla de Matricària	Manuscrits arqueològics	Sí	N.C	N.C	N.C	No	N.C
All	Paper, marbre	Sí	Sí ⁸	N.C	Sí	Sí	No
<i>Calamintha nepeta</i>	Marbre	Sí	Sí	N.C	Sí	No	N.C
Orenga	Paper, fusta, pedra, seda, maó	Sí	No	N.C	N.C	Sí	No
Farigola capitada	Paper, fusta, pedra, seda, maó	N.C	Sí	N.C	N.C	Sí	No

* F: Fongs; *B: Bacteris; *I: Insectes; *A: Algues; *N.C: No comprovats

Tanmateix, a l'apartat d'annexos es poden consultar unes taules amb informació més extensa i individualitzada per cadascun dels olis estudiats en els articles revisats. En aquestes taules s'especifica l'espècie de microorganismes o insectes contra els quals cada oli essencial ha demostrat eficàcia per eliminar-lo o inhibir-lo. També, s'explica en quin grau han estat efectius per controlar la biodeterioració, qualificant la seva eficàcia com a bona, baixa o nul·la. Per últim, també es descriuen els efectes nocius, o l'absència d'efectes, que els olis essencials estudiats han mostrat sobre els materials constitutius dels béns culturals sobre els que s'han aplicat.

Aquest repàs a la bibliografia m'ha permès constatar dos aspectes importants: que hi ha molta informació sobre les propietats biocides dels olis essencials però no tanta sobre la seva interacció amb el suport. Per tant, continua sent necessari avançar en la recerca de les aplicacions dels olis essencials en conservació-restauració.

52

Si bé ja s'han resolt molts dubtes, cal ampliar la informació respecte els efectes que poden produir en diversos materials. La investigació en aquest àmbit és necessària per garantir la seguretat dels objectes als quals s'apliquen aquests tractaments. Amb alguns olis essencials, per exemple el de clau, aquesta recerca està més avançada i ja es coneix com afecta el patrimoni documental, i en quines concentracions aquests efectes són més o menys menyspreables, malgrat això, pel que fa a altres olis essencials, que també han mostrat eficàcia enfront de la biodeterioració del patrimoni, encara cal saber més sobre el seu efecte en els materials per poder utilitzar-los amb tranquil·litat sobre els béns culturals, o per poder descartar-ne el seu ús.

El fet de que hi hagi poca informació sobre els efectes que poden produir sobre els diferents suports, ha motivat la realització d'un assaig amb l'objectiu de saber si un d'aquests olis essencials deixa residu al suport de paper, que és un suport del que s'ha realitzat més investigació i on s'està començant a aplicar els olis essencials per a eliminar la biodeterioració.

L'assaig realitzat té com a objectiu determinar el residu que deixa un oli essencial a un suport de paper. L'oli escollit és el de farigola doncs és un dels que s'ha demostrat tenir una bona capacitat com a biocida, però del que no hi ha informació sobre el seu efecte en el paper. El fet que l'oli essencial deixi residus al paper, podria influir en la conservació del suport a llarg termini, per aquest motiu m'ha semblat interessant l'assaig amb aquest enfocament, el qual es descriurà amb detall al següent apartat.

⁸ Baixa eficàcia contra bacteris esporulats.

5 PART EXPERIMENTAL: DETERMINACIÓ DEL RESIDU D'OLI EN PAPER

5.1 INTRODUCCIÓ

Mitjançant la recerca sobre els olis essencials vaig trobar diversos estudis on s'ha demostrat la seva eficàcia com a biocides, no obstant això, no vaig trobar tants estudis on l'enfocament estigués en la manera en què interactuen amb el suport. Això va fer que em preguntés si els olis essencials s'evaporen completament després d'aplicar-los, o si per al contrari, deixen residus que podrien tenir el potencial de danyar el suport. A partir d'aquesta pregunta em vaig començar a plantejar de quina manera es podria determinar si un oli essencial deixa residu a un suport.

Aprofitant el meu període de pràctiques al Centre de restauració de béns mobles de Catalunya, on hem van facilitar les seves instal·lacions, i amb l'ajut dels químics del centre, Ricardo Suárez i Ruth Sadurní, vaig poder dur a terme un assaig que tenia com a objectiu determinar els residus d'oli essencial en un suport de paper.

El meu objectiu inicial era fer aquest assaig amb dos olis essencials (de farigola i de clau), i comparar els resultats obtinguts. Finalment a causa de la situació de crisi sanitària actual, no vaig poder continuar anant al centre de pràctiques, de manera que només vaig poder recollir resultats de l'oli essencial de farigola. Vaig triar l'oli essencial de farigola perquè és un oli essencial que ha demostrat eficàcia com a biocida contra els microorganismes que envaeixen el paper habitualment, no obstant això, no hi ha informació sobre la seva interacció amb el suport de paper, com si succeeix per exemple, en el cas de l'oli essencial de clau, el qual també té efecte biocida contra els microorganismes que envaeixen el patrimoni documental.

53

El paper on s'han fet les proves és un paper de filtre, es tracta d'una mostra de paper que intenta ser representativa de diversos tipus de paper. No obstant això, altres factors, com la pasta del paper, la seva consistència o el seu estat de conservació, influïrien en l'evaporació o retenció dels compostos de l'oli essencial. L'experiment es planteja doncs, com una proposta de metodologia per realitzar assajos amb l'objectiu de conèixer el residu d'oli essencial en papers, i potencialment en altres suports. Els resultats obtinguts només pretenen ser representatius del temps d'evaporació d'alguns compostos de l'oli essencial de farigola.

5.2 PLANTEJAMENT DE LA INVESTIGACIÓ

S'ha realitzat un assaig amb cromatografia de gasos acoblada a espectrometria de masses, en primer lloc, per determinar els components principals de l'oli essencial de farigola, i en segon lloc per determinar la presència d'aquests components en papers de filtre tacats amb l'oli essencial de farigola deixant passar tres intervals de temps (pocs segons, 24 hores i cinc dies).

5.3 HIPÒTESIS

Mitjançant la cromatografia de gasos acoblada a espectrometria de masses (CG-MS), es pot determinar els compostos orgànics volàtils (COVs) que emet un oli essencial i establir quins són els components de cada oli mitjançant una recerca bibliogràfica. Amb la mateixa tècnica, es poden mesurar els COVs que emeten els papers de filtre als que s'ha aplicat un oli essencial. Els papers de filtre són químicament inerts, de manera que no emeten compostos volàtils que puguin interferir amb els COVs dels olis essencials.

Els olis essencials són substàncies molt volàtils, de manera que probablement la major part dels compostos s'evaporin en poc temps. L'objectiu és comprovar si, després d'un interval de temps determinat continua havent-hi components de l'oli essencial al paper, i conèixer quins són els components de l'oli essencial estudiat (en aquest cas el de farigola), que es retenen al paper durant més temps.

5.4 CROMATOGRÀFIA DE GASOS PER IDENTIFICAR COMPONENTS DELS OLIS ESSENCIALS

5.4.1 Cromatografia de gasos: Descripció de la tècnica

La cromatografia de gasos és una tècnica analítica instrumental que té com a finalitat la separació d'espècies gasoses de baix pes molecular. La tècnica consisteix a injectar una petita quantitat de mostra líquida o gasosa, habitualment mitjançant una microxeringa, a través d'un diafragma o "septum", en una cambra de vaporització instantània situada en el cap de la columna cromatogràfica.

A través d'aquesta columna circula un corrent de gas inert, que s'anomena gas portador (per exemple Heli) a elevada temperatura, és la fase mòbil, i té com a única funció arrossegar l'analit en forma gasosa. La fase estacionària és una capa microscòpica de líquid o polímer que es troba sobre la superfície interna de la columna, la qual sí que interacciona amb els components gasosos de la mostra.

Un cop a dins de la columna, els components de la mostra se separen, aquesta separació pot ser per mitjà d'un mecanisme de repartiment (Cromatografia gas-líquid), d'adsorció (Cromatografia gas-sòlid) o, en molts casos per mitjà d'una mescla d'ambdós. (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) Alguns components tindran més afinitat que altres amb la fase estacionària, aquesta afinitat es basa en "equilibris de distribució dels soluts entre les fases mòbil i l'estacionària controlats per la diferent solubilitat dels mateixos en les diferents fases" (Universidad de Jaen)

La conseqüència d'aquestes variacions en els equilibris de distribució dels diferents compostos, és que cada component de la mostra elueix en un moment diferent. Aquests components "passaran a través d'un sistema de detecció adequat o bé, seran dirigits cap a un sistema de recollida de mostres." (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) El temps transcorregut des de la injecció de la mostra fins al senyal màxim d'un component determinat al detector és el que es denomina temps de retenció. La comparació entre els temps de retenció dels diferents compostos és el motiu d'aplicació d'aquesta tècnica.

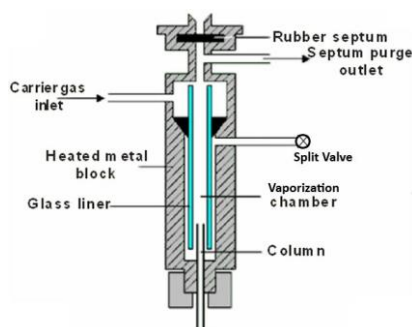


Fig. 22 Representació esquemàtica de l'injector del cromatògraf de gasos (Sheffield Hallam University, s.f.)

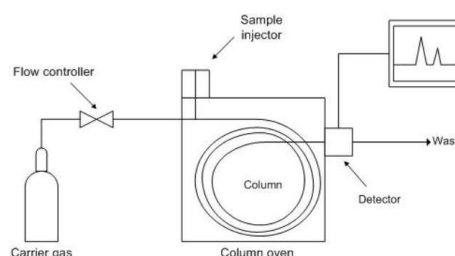


Fig. 23 Representació esquemàtica del cromatògraf (Universitat Autònoma de Barcelona, 2016)

5.4.1.1 *Cromatografia de gasos acoblada a espectrometria de masses (GC-MS): Descripció de la tècnica*

La cromatografia de gasos acoblada a espectrometria de masses (GC-MS per les seves sigles en anglès) integra en un mateix equip un cromatògraf de gasos i un espectròmetre de masses, aquest equip permet determinar la massa de partícules, els components d'una mostra, o les estructures químiques de les molècules.

El cromatògraf de gasos, tal com s'ha explicat a l'apartat anterior, separa els components de la mostra els quals surten en moments diferents depenent de la seva interacció amb la fase estacionària. A mesura que els components surten de la columna del cromatògraf de gasos, desemboquen a l'espectròmetre de masses.

En primer lloc, els components són ionitzats utilitzant fonts de ionització d'electrons o químics. El procés de ionització proporciona suficient energia perquè les molècules es trenquin en diversos fragments carregats positivament. Aquests fragments de molècules ionitzats s'acceleren en un camp elèctric a través de l'analitzador de masses de l'instrument.

A continuació, els ions passen a moure's per un camp magnètic que desvia la seva trajectòria en funció de la relació entre la massa i la càrrega d'aquests ions, en altres paraules, els separa segons les seves diferents relacions de massa/càrrega (m/z). Els ions que tenen més massa en comparació amb la seva càrrega, tenen una relació massa-càrrega més elevada, no seran afectats pel camp magnètic amb tanta força, i per tant es desviaran menys que els ions que tinguin una relació massa-càrrega més baixa.

Al final de l'espectròmetre de masses hi ha un detector. Quan un ió colpeja el detector, es produeix un sol corrent elèctric en aquest lloc, que es multiplica moltes vegades perquè un ordinador ho pugui notar. El corrent produït sempre és proporcional a la quantitat de ions d'aquest tipus específic que impacten sobre un punt concret del detector. Les molècules i àtoms del mateix tipus sempre arribaran al mateix punt del detector.

A l'ordinador, s'obté un espectre de masses, que és un gràfic on es representa l'abundància relativa (quants àtoms de cada tipus hi havia a la mostra) enfront de la relació massa-càrrega de les partícules. Una mostra complexa produirà diversos pics diferents. Utilitzant biblioteques informàtiques d'espectres de masses per a diferents compostos, els investigadors poden identificar i quantificar compostos i analits desconeguts.

Referències: (ThermoFisher scientific, s.f.) (Center for Public Environmental Oversight, s.f.) (Wikipedia, 2019)

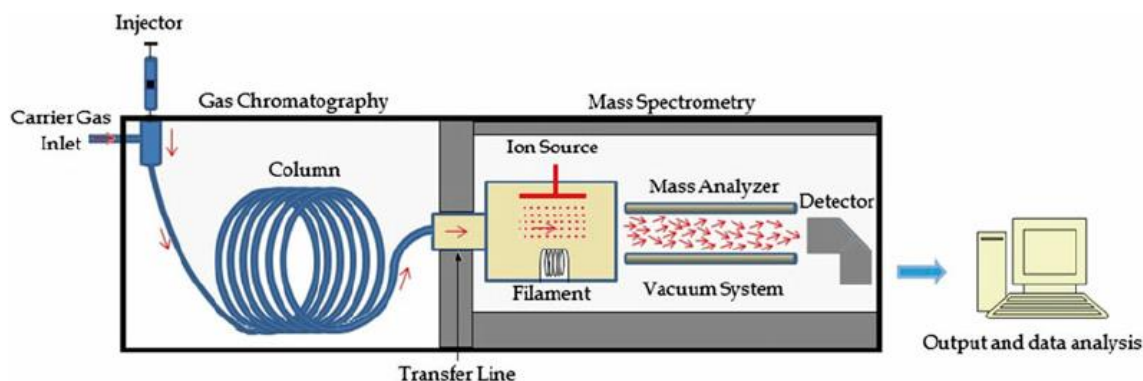


Fig. 24 Representació esquemàtica del GC-MS (Emwas, 2015)

5.4.1.2 GC-MS: Preparació de la mostra

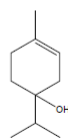
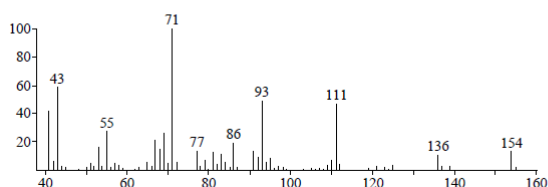
En GC-MS les mostres que contenen compostos funcionalitzats⁹ poden requerir una modificació química (derivatització), abans de l'anàlisi, per eliminar efectes d'absorció no desitjables que, d'una altra manera, afectarien la qualitat de les dades obtingudes. Per altra banda, les mostres s'analitzen generalment com a solucions orgàniques i, per tant, els materials d'interès s'han d'extreure amb dissolvents, i l'extracte ha de ser sotmès a diverses tècniques "químiques humides" abans que sigui possible l'anàlisi GC / MS (Bull, 2008).

5.4.1.3 GC-MS: Aplicacions

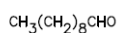
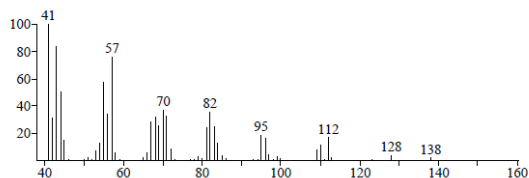
La CG-MS es pot utilitzar per determinar un o més components d'interès d'una mostra (anàlisi qualitatiu) o la concentració dels components d'interès d'una mostra (anàlisi quantitatiu) de materials diversos. Entre les aplicacions de la GC-MS, les més habituals són la separació de components orgànics volàtils (COVs) i pesticides (Center for Public Environmental Oversight, s.f.), també s'aplica per a la separació de molècules petites i aromàtiques com benzens, alcohols i compostos aromàtics, i per a molècules simples com esteroides, àcids grassos i hormones (ThermoFisher scientific, s.f.). En el context de conservació-restauració, és una tècnica que s'utilitza en l'anàlisi de pigments i altres materials orgànics, com coles proteiques, resines, etc., els quals amb altres tècniques com l'espectroscòpia de transmissió d'infraroig amb transformada de Fourier (FTIR) donen un senyal molt baixa i poden ser difícils d'interpretar.

5.4.1.4 CG-MS: Exemple de l'espectre de masses d'un monoterpene i un al·dehid

RT: 14.66 AI: 1174 KI: 1177 **Terpinen-4-ol**
CAS#: 562-74-3 MF: C₁₀H₁₈O FW: 154 MSD LIB#: 910
CN: 3-cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-
Synonyms: 4-terpineol; p-menth-1-en-4-ol; 4-carvomenthenol
Source: *Juniperus lucayana* leaf oil, RP Adams #2863; 46.10% *Melaleuca parviflora*, JEOR 6:419(1994); 45.65% *Melaleuca alternifolia*; 36.30% *Majorana hortensis*



RT: 15.83 AI: 1201 KI: 1201 **Decanal <n>**
CAS#: 112-31-2 MF: C₁₀H₂₀O FW: 156 MSD LIB#: 40
CN: decanal
Synonyms: caprinic aldehyde
Source: Aldehyde mix, Aldrich Chem.; 26.60% *Polygonum minus*, JEOR 2:167(1990); 17.00% *Citrus sinensis*; 13.70% *Coriandrum sativum*



Descripció de les imatges: L'eix de la y representa l'abundància relativa, i al de la x, les relacions de massa / càrrega (m/z). Els pics representen la m/z dels fragments on la molècula s'ha fragmentat. Els pics més alts indiquen els fragments d'aquesta molècula que s'han obtingut en major proporció.

Fig. 25 Exemple de l'espectre de masses de la molècula del monoterpene *terpinen-4-ol* (imatge superior), i l'al·dehid *Decanal* (imatge inferior), components d'alguns olis essencials, com per exemple, l'oli essencial de farigola, entre altres (Adams, 2017)

⁹ En química, la funcionalitat és la presència de grups funcionals en una molècula. En la química orgànica (i en altres camps de la química), la funcionalitat d'una molècula té una influència decisiva en la seva reactivitat.

5.4.1 Aplicació de la GC-MS per a l'anàlisi d'olis essencials

Existeixen diversos mètodes per analitzar olis essencials amb GC-MS, ja que no tots els equips de GC-MS tenen les mateixes característiques tècniques, per exemple pel que fa al tipus de columna.

El mètode que s'ha utilitzat per fer les anàlisis dels olis essencials purs i sobre paper, el qual desenvoluparé amb més detall a l'apartat 6, s'ha obtingut del llibre "Identification of essential oil components by gas chromatography mass spectrometry by Robert P. Adams", ja que aquest mètode s'ajustava a les característiques de la columna del GC-MS del Centre de Restauració de béns mobles de Catalunya, que és amb el qual s'han fet les anàlisis. Aquest mètode consisteix a aplicar una temperatura d'injecció de 250 °C, una rampa de temperatura de 60 °C a 246 °C, que augmenti 3 °C per minut, una temperatura de detector 280°C. (Adams, 2017)

La preparació de la mostra s'ha realitzat per mitjà de la microextracció en fase sòlida, per recomanació dels químics del laboratori del CRBMC, Ruth Sadurni i Ricardo Suárez de la Vega. La microextracció en fase sòlida (MEFS) o SPME (per les sigles en anglès de Solid Phase Microextraction) és una tècnica utilitzada en química analítica per extreure compostos químics per a la seva posterior identificació. Compta amb l'avantatge de què no requereix l'ús de solvents.

La SPME es basa en l'extracció dels analits de la matriu de la mostra mitjançant una fibra de sílice fosa que està recoberta d'un adsorbent, en la majoria dels casos polimèric, seguida de la desorció dels analits mitjançant temperatura o un dissolvent orgànic. La petita grandària de la fibra i la seva geometria cilíndrica permeten incorporar-la en una xeringa. D'aquesta manera, es facilita la seva manipulació i al mateix temps es protegeix la fibra quan no s'utilitza, ja que aquesta roman dins de l'agulla de la xeringa. Aquesta tècnica presenta una sèrie d'avantatges enfront de les tècniques de preconcentració esmentades anteriorment, ja que és molt simple, presenta un baix cost, pot ser automatitzada, requereix petits volums de mostra i generalment no necessita l'ús de dissolvents orgànics (Hernando, 2002).

A la figura 26 es descriu el procediment d'extracció i desorció dels analits mitjançant SPME.

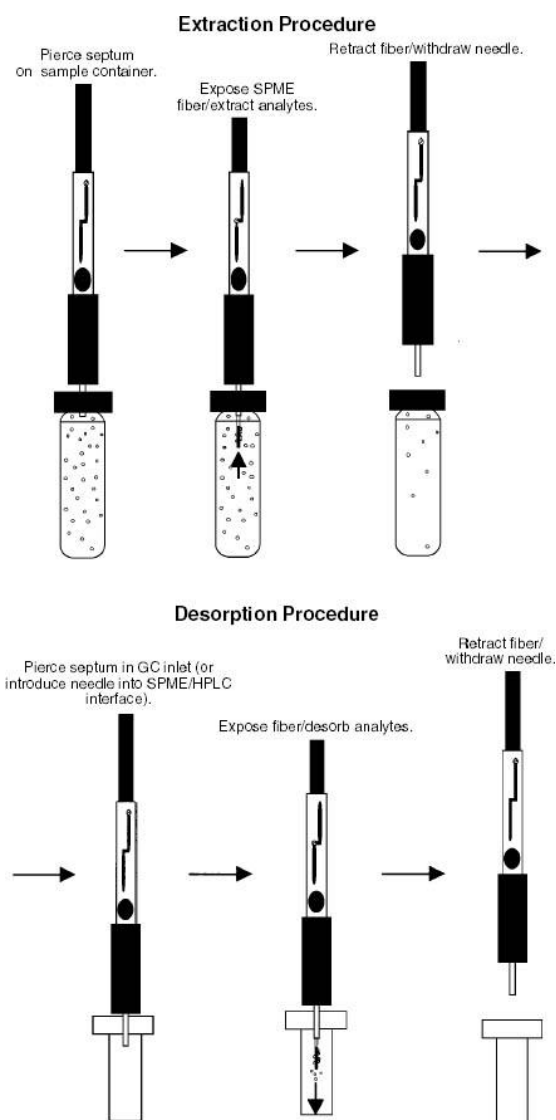


Fig. 26 Procés d'extracció i desorció d'una mostra amb SPME (Ormsby, 2005)

5.5 METODOLOGIA

5.5.1 Recerca del mètode adequat per analitzar olis essencials amb l'equip del CRBMC

S'ha realitzat una recerca bibliogràfica per trobar un mètode efectiu per analitzar olis essencials per cromatografia de gasos acoblada a espectrometria de masses que s'hagués realitzat a un cromatògraf amb una columna igual o semblant a la del cromatògraf de gasos del CRBMC, amb el qual s'ha realitzat l'anàlisi. S'han provat diversos mètodes, però finalment s'ha optat pel mètode d'anàlisi descrit al llibre *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*, ed. 4.1 del Dr. Rober P. Adams. (Adams, 2017)

5.5.2 Preparació de les mostres de paper tacades amb oli essencial de farigola

5.5.2.1 *Tipus de mostres segons el temps d'assecatge de l'oli essencial sobre el paper*

Les mostres són papers de filtre mullats amb oli essencial de farigola, a totes les mostres s'ha abocat la mateixa quantitat d'oli per poder comparar els resultats obtinguts. La primera mostra es va tancar de manera immediata a un vial hermètic, de manera que l'oli no va tenir temps d'evaporar-se. La segona mostra, es va deixar evaporar durant 24 hores a l'aire lliure, a l'interior del laboratori. La tercera es va deixar assecar durant cinc dies en les mateixes condicions.

5.5.2.2 *Mètode d'aplicació de l'oli essencial sobre les mostres de paper de filtre*

Pel que fa a la preparació de la mostra, es va començar fent dilucions dels olis essencials en hexà, ja que a diversos mètodes s'empraven dissolvents orgànics per determinar els components dels olis essencials, per exemple a l'article "Chemical Composition of the Essential Oil of *Morina longifolia* Wall. Leaves" de (Kumar, et al., 2013) es menciona l'ús del diclorometà com a solvent dels olis essencials per analitzar-los amb CG-MS utilitzant una columna similar. Finalment, es va optar per fer l'anàlisi dels COVs de l'oli essencial pur i de l'oli essencial aplicat a un paper de filtre. Aquest tipus d'anàlisi compta amb l'avantatge de què no s'han d'utilitzar dissolvents, i a més permet analitzar els vapors orgànics que emet el paper, el qual no s'hagués pogut realitzar utilitzant un dissolvent, aquests vapors constitueixen el residu d'oli essencial que queda al paper.

58

5.5.2.3 *Quantitat d'oli essencial aplicat sobre els papers de filtre*

S'ha realitzat amb diverses quantitats de mostra per determinar de quina manera s'aconsegueix obtenir els pics més definits i separats. S'ha arribat a la conclusió de què amb 5 microlitres de mostra s'obté un bon cromatograma.

5.5.2.4 *Evaporació i extracció dels analits de les mostres de paper amb oli essencial de farigola*

Aquests vials s'han col·locat a un termoreactor, que és un escalfador per a vials, a 60 °C durant 30 minuts perquè les mostres vagin deixant anar els vapors orgànics fins a assolir un equilibri termodinàmic. En aquest punt, s'agafa el dispositiu comercial per a SPME, que consisteix en una xeringa amb una agulla, a l'interior de la qual que conté una fibra de sílice recoberta d'un material adsorbent que acostuma a ser polimèric. S'ha utilitzat una fibra DVB/CAR/PDMS, recoberta de divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane. Aquesta fibra per la seva petita mida es pot introduir dins de l'agulla quan no s'utilitza i treure-la quan es vol extreure els analits de la mostra. S'ha deixat la fibra a dins del vial, encara col·locat al termoreactor, durant 30 minuts més.

5.5.1 Anàlisi al CG-MS de les mostres de paper tacades amb oli essencial de farigola

Un cop passat el temps d'extracció dels analits, s'introdueix la fibra a l'interior de l'agulla del dispositiu per a SPME, i s'extreu el dispositiu del flascó hermètic que conté la mostra. L'agulla s'injecta al cromatògraf de manera manual amb els paràmetres de temperatura programats, i en quant comença l'anàlisi s'extreu la fibra de l'agulla. En aquest moment es produeix la desorció dels compostos adsorbats per la fibra del dispositiu per a SPME.



Fig. 27 Procediment experimental: vial hermètic al termoreactor (Jenifer Obama, 2020 ©)



Fig. 28 Procediment experimental: extracció de l'analit per SPME (Jenifer Obama, 2020 ©)



Fig. 29 Injecció per SPME (Jenifer Obama, 2020 ©)

L'anàlisi, sense incloure el temps de preparació de la mostra, té una durada de 67 minuts. Mentre es realitza una anàlisi es col·loca el següent flascó a l'escalfador de tubs d'assaig i es repeteix el procés. A mesura que es va realitzant l'anàlisi van apareixent pics al cromatograma a uns temps determinats, clicant sobre aquests pics es pot veure el seu espectre de masses i la biblioteca de l'ordinador és capaç de reconèixer de quin compost es tracta amb força fiabilitat en la major part dels casos, en cas de dubte s'ha hagut de recórrer a bibliografia externa, especialment al llibre de (Adams, 2017) on figuren els espectres de masses de nombrosos compostos dels olis essencials.

5.6 RESULTATS DE LA DETERMINACIÓ DEL RESIDU D'OLI DE FARIGOLA SOBRE PAPER

5.6.1 Residu d'oli essencial de farigola en paper mesurat immediatament

A la determinació que s'ha fet del paper immediatament després de tacar-lo amb l'oli essencial de farigola, s'ha obtingut uns resultats molt semblants als de la determinació de l'oli essencial pur. Això té sentit perquè pràcticament no ha tingut temps d'evaporar-se abans de fer la mesura. S'han obtingut menys pics al cromatograma possiblement perquè hi ha compostos orgànics de l'oli essencial de farigola que s'han evaporat abans de tancar el paper al vial hermètic, el que significa que són compostos molt volàtils, i que al paper han quedat retinguts els menys volàtils.

Aquesta determinació serveix per fer una comparació amb els resultats obtinguts quan el paper tacat amb l'oli es deixa evaporar durant 24 hores i al cap de 5 dies. D'aquesta manera, els resultats obtinguts a les 24 hores i als 5 dies es compararan amb els resultats obtinguts en fer la mesura immediatament, i així es comprovarà quins dels COVs de l'oli que es van retenir al paper pocs segons després d'abocar l'oli essencial, continuen retinguts 24 hores després o cinc dies després.

5.6.2 Residu d'oli essencial de farigola en paper després d'assecar-se 24 hores

Després de 24 hores el paper continua emetent COVs corresponents als de l'oli essencial de farigola. A les següents taules es mostra el nom d'aquests compostos, i també s'indica el seu temps de retenció en les dues mesures (la immediata i la que s'ha fet després de 24 hores).

	OE sobre paper Mesura immediata	OE sobre paper Mesura a les 24 hores
Temps de retenció (minuts)	7.512	7.503
Compost	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	
	OE sobre paper Mesura immediata	OE sobre paper Mesura a les 24 hores
Temps de retenció (minuts)	7.966	7.932
Compost	Cymene <p> o Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	
	OE sobre paper Mesura immediata	OE sobre paper Mesura a les 24 hores
Temps de retenció (minuts)	13.196	13.162
Compost	Borneol	
	OE sobre paper Mesura immediata	OE sobre paper Mesura a les 24 hores
Temps de retenció (minuts)	13.719	13.647
Compost	Terpinen-4-ol* o 3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)-	
	OE sobre paper Mesura immediata	OE sobre paper Mesura a les 24 hores
Temps de retenció (minuts)	16.886	16.852
Compost	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (Z)-	
	OE sobre paper Mesura immediata	OE sobre paper Mesura a les 24 hores
Temps de retenció (minuts)	18.464	18.429
Compost	Thymol	

*Compost majoritari de l'oli essencial de farigola.

5.6.1 Residu d'oli essencial de farigola en paper després d'assecar-se cinc dies

El residu és pràcticament nul, tot i que el paper continua emetent compostos orgànics volàtils, l'abundància de tots els components s'ha reduït considerablement respecte de la de les determinacions anteriors, i s'han detectat menys compostos.

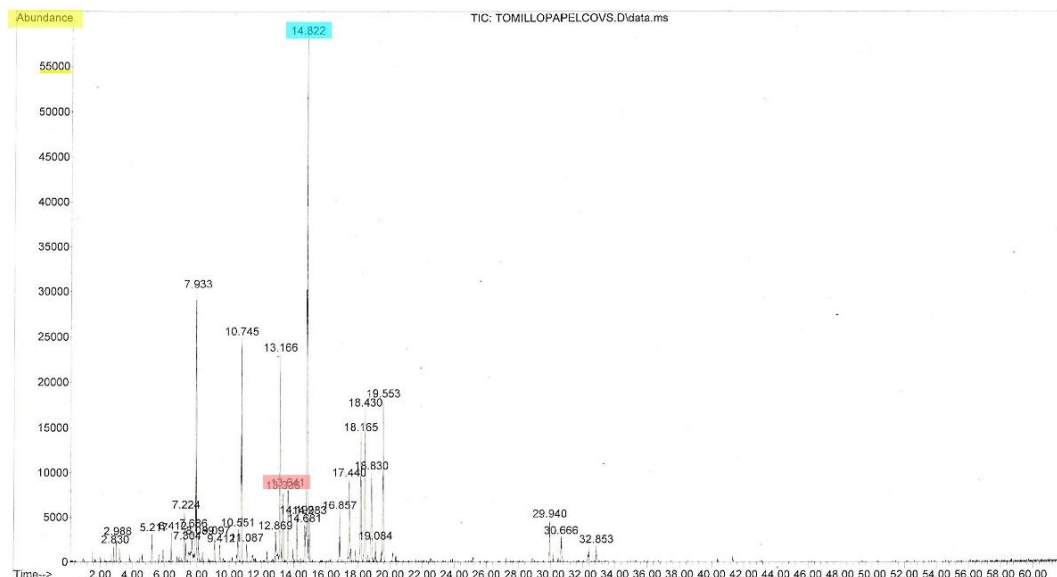
Els dos compostos més abundants després de cinc dies són el terpinen-4-ol, el compost majoritari de l'oli de farigola i el decanal, un altre compost que es troba als olis essencials però que no s'havia detectat a la primera determinació, la que es va fer immediatament, probablement perquè la seva abundància era molt baixa en comparació a la d'altres compostos.

Les imatges següents es corresponen a dos cromatogrames, el primer es correspon a la determinació realitzada a les 24 hores, i el següent a la realitzada cinc dies després. Es pot veure com l'abundància disminueix considerablement, al primer cromatograma és de l'ordre de 55.000 i al segon és de l'ordre de 8.000, i també, es pot veure com la presència dels compostos terpinen-4-ol i decanal es manté amb el pas del temps. El terpinen-4-ol, s'ha comprovat que continua present al paper tot i que no surt el seu temps de retenció al cromatograma perquè es troba en molt poca proporció en comparació amb altres compostos, com el decanal.



5.6.1.1 Cromatograma de la determinació realitzada a les 24 hores

File : D:\DATA\2020\TOMILLOPAPELCOVS.D
Operator :
Acquired : 6 Mar 2020 11:13 using AcqMethod ACEITES ESSENCIALES_com llibre essentials oils.M
Instrument : 5975C
Sample Name :
Misc Info :
Vial Number: 1

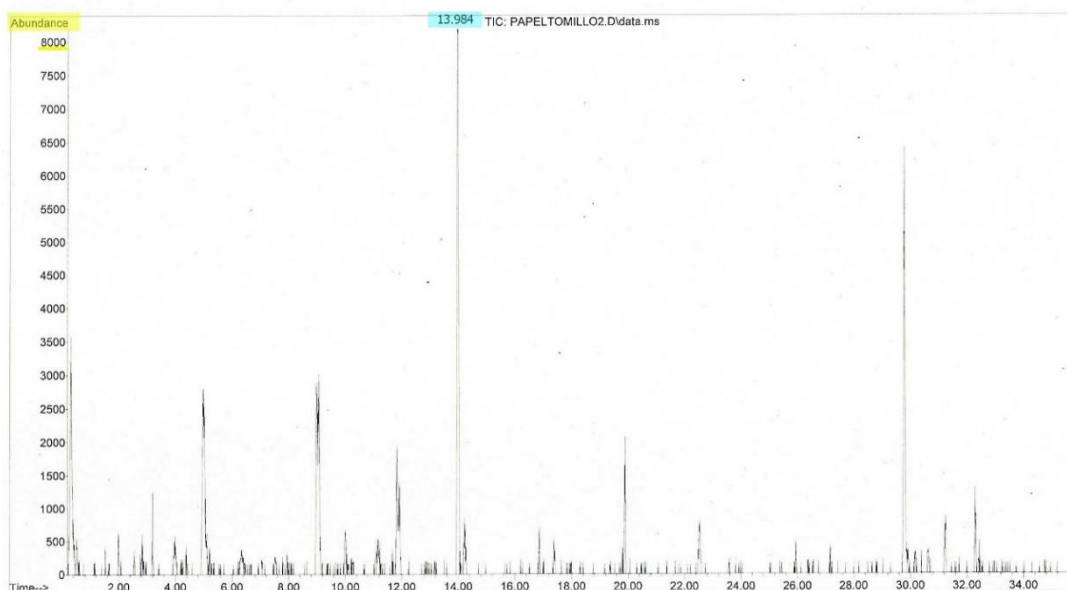


14.822 Temps de retenció del
Decanal

13.647 Temps de retenció del
Terpinen-4-ol

5.6.1.2 Cromatograma de la determinació realitzada 5 dies després

File : D:\DATA\2020\PAPELTOMILLO2.D
Operator :
Acquired : 11 Mar 2020 12:17 using AcqMethod ACEITES ESSENCIALES_COM LLIBRE ESSENTIALS OILS.M
Instrument : 5975C
Sample Name :
Misc Info :
Vial Number: 1



13.984 Temps de retenció del Decanal

6 CONCLUSIONS DE LA PART EXPERIMENTAL

Un cop finalitzada la part experimental, es pot confirmar que aquest és un mètode útil per determinar el residu d'olis essencials en mostres de paper, i potencialment en altres materials. Es podria aplicar a altres olis essencials per comprovar quin és el seu temps d'evaporació, quins són els components que més triguen a evaporar-se. El més interessant seria també, investigar si aquests components tenen tendència a oxidar-se posant en risc el suport o no.

En aquest cas, només s'ha pogut fer la prova amb un oli essencial a causa de la interrupció de les pràctiques a causa de la crisi sanitària, tot i que la meua intenció inicial, era fer proves amb l'oli essencial de clau també, i comparar els resultats. No obstant això, aquest experiment ha permès concloure, per una banda, que el temps d'evaporació de l'oli essencial de farigola s'estén més enllà de cinc dies, però, que aquest residu que queda al paper després de cinc dies és molt poc abundant. Per altra banda, aquest experiment ha permès conèixer que dos components de l'oli essencial de farigola, s'han retingut durant més temps que la resta i en major concentració, aquests components han estat el decanal i el terpinen-4-ol, un aldehyd i un terpenoide respectivament, per al moment, no es coneix si poden tenir efectes perjudicials en el paper.

En ser l'ús d'olis essencials un mètode de desinfecció relativament nou en el camp de la conservació-restauració, continua havent-hi molts aspectes d'aquests productes que no es coneixen, aquest experiment pretén aportar una mica més d'informació sobre un d'aquests olis essencials, i també pretén compartir un mètode que es pot aplicar a altres olis essencials per saber si deixen residus, i quant temps triguen a evaporar-se aquests residus, l'objectiu és tenir més coneixements sobre els tractaments amb olis essencials en conservació-restauració, per poder-los realitzar amb la seguretat que no suposen un risc per als materials constitutius de les obres on s'apliquen.

7 CONCLUSIONS FINALS DEL TREBALL

A la primera part, teòrica, del treball, s'ha donat resposta a les preguntes de què són els olis essencials i quines són les seves característiques, aquesta part és important conèixer-la perquè no es pot parlar de les aplicacions dels olis essencials en conservació restauració sense mencionar les seves propietats biològiques com a biocides, i aquestes propietats biològiques estan lligades amb la seva composició química, la qual com ja s'ha vist és complexa, i diversa en funció de l'espècie de la planta d'on prové l'oli essencial. Així doncs, aquesta primera part ha permès introduir les característiques d'aquests productes, per més endavant explorar les seves possibilitats al camp de la conservació restauració.

Per tal d'explorar aquestes possibilitats, s'ha realitzat una compilació d'investigacions centrades en els usos dels olis essencials en conservació restauració. Aquest repàs a bona part de la bibliografia existent sobre aquest tema, ha permès conèixer que l'ús dels olis essencials s'està estudiant en diversos àmbits de la conservació restauració, no obstant això, considero que continua essent necessari avançar en la recerca dels possibles efectes que poden tenir els olis essencials sobre els suports per poder utilitzar-los amb seguretat, ja que, pel que he pogut observar, no s'han realitzat moltes investigacions centrades en aquest tema.

Aquestes investigacions permeten concloure que la major part dels olis essencials estudiats tenen propietats antifúngiques, i que alguns d'ells també han demostrat tenir propietats antibacterianes, però, les propietats com a repel·lents d'insectes, o fins i tot, com a repel·lents d'altres organismes com poden ser algues microscòpiques no han estat molt estudiades. Un aspecte a recalcar sobre aquests estudis, és que la major part s'han realitzat extraient una mostra d'un organisme que infecta un objecte, i provant l'eficàcia de l'oli essencial sobre aquest organisme, només deu dels trenta-dos estudis citats s'han dut a terme provant un o diversos olis essencials sobre l'objecte infectat, aquests estudis són de gran interès perquè permeten conèixer l'efecte dels olis sobre els materials constitutius de les obres.

La segona part del treball, de caràcter experimental, ha tingut com a objectiu trobar un mètode d'assaig que permetés saber si queda residu d'oli essencial a una mostra de paper. Aquest experiment sorgeix, precisament, per tractar de conèixer una mica més sobre els efectes dels olis essencials als suports, ja que residus de compostos determinats podrien afectar el suport, per exemple a causa de la seva oxidació. L'experiment que s'ha realitzat permet saber quant temps triguen a evaporar-se els compostos orgànics volàtils que conformen els olis essencials, i quins compostos es retenen durant més temps al suport, en aquest cas de paper. Pel que s'ha pogut observar amb l'assaig realitzat amb oli essencial de farigola, després de cinc dies continua havent residus d'alguns compostos de l'oli essencial a un paper inert de filtre en una concentració molt baixa, per al moment, no s'han realitzat estudis on s'investiguin els efectes d'aquests compostos sobre el paper, de manera que no se sap si són perjudicials o no.

Després d'haver realitzat aquesta investigació, considero que les aplicacions dels olis essencials en conservació restauració són prometedores, ja que són biocides eficaços, de baix impacte ambiental i poc tòxics. Un aspecte que pot suposar un desavantatge per a l'ús dels olis essencials, és el seu elevat preu. No obstant això, tenint en compte que, com a mínim per als béns de paper, són més segurs quan s'usen en baixes proporcions i que la seva efectivitat no disminueix en reduir la concentració, no és necessari usar molta quantitat en els tractaments de desinfecció, el fet que no cal usar tanta quantitat per desinfectar és un dels avantatges dels olis essencials respecte d'altres productes biocides, el que a la llarga també suposa un avantatge econòmic.

Per altra banda, considero també, que és important continuar en la recerca de les possibilitats dels olis essencials en conservació restauració del patrimoni de fusta, pedra, arqueològic, tèxtil i de pintura mural, és cert que en l'àmbit de patrimoni documental, les seves aplicacions estan més avançades, i ja se sap quins són més efectius, en quines proporcions, i també hi ha força informació sobre els efectes que tenen sobre el suport alguns olis essencials o components principals d'aquests, però, en altres àmbits del patrimoni, encara queda bastant per conèixer.

En definitiva, s'ha demostrat que els olis essencials tenen moltes possibles aplicacions en l'àmbit del patrimoni cultural, i que si es continua investigant en aquesta línia, es poden convertir en una alternativa verda respecte dels biocides tradicionals.

8 ANNEXOS

TAULES D'INFORMACIÓ SOBRE ELS OLIS ESSENCIALS QUE S'HAN PROVAT EN BÉNS CULTURALS

A les següents taules s'explica de manera més extensa les característiques dels olis essencials que s'han estudiat als articles que recullo a l'apartat 3.1 *Control de la biodeterioració dels béns culturals: Revisió d'articles*, que considero que són més importants a tenir en compte en cas de voler utilitzar-los.

A l'apartat de conclusions de la part teòrica es recull aquesta informació de manera més compacta a una taula, aquí s'especifica, les espècies i gèneres de fongs, bacteris, insectes i algues que els olis essencials han inhibit o eliminat eficaçment, també s'explica contra quins organismes no han actuat eficaçment o directament no han pogut eliminar, i a més, s'expliquen els efectes concrets que han produït sobre els suports dels materials en què s'han aplicat, i si no han causat cap mena d'efecte també s'especifica. En últim lloc, s'indiquen les referències dels articles d'on s'ha extret aquesta informació.

Font de l'oli essencial	<i>Origanum vulgare</i> (Orenga)
S'ha provat en béns de	Paper, fusta, pedra, seda, maó
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Scopulariopsis</i> sp.; <i>Fusarium</i> sp.; <i>Aspergillus niger</i> ; <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Penicillium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Bipolaris spicifera</i> i <i>Epicoccum nigrum</i> ; <i>Aspergillus ochraceus</i> ; <i>Trichoderma viride</i> . Insectes: <i>Anobium punctatum</i> (corcs comuns). BAIXA EFICÀCIA CONTRA: Bacteris: <i>Bacillus polymyxa</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Bacillus</i> sp., <i>Streptomyces</i> sp.; <i>Enterobacter agglomerans</i> ; <i>Escherichia coli</i> i <i>Kocuria rhizophila</i>
Aplicació directa	Sí, en marbre mitjançant nano-càpsules carregades de l'oli essencial.
Efectes en els materials constitutius	No es va observar cap canvi estructural a la pedra després del tractament amb la suspensió aquosa que contenia nanopartícules.
Referències	(Lavin, Gómez de Saravia, & Guimet, 2015) (Gómez De Saravia, et al., 2011) (Palla, Bruno, Mercurio, Tantillo, & Rotolo, 2020) (Savković, Stupar, Grbić, & Vukojević, 2016) (Romano, et al., 2020)

65

Font de l'oli essencial	<i>Calamintha nepeta</i>
S'ha provat en béns de	Marbre
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Algues: <i>Chlorella</i> . Cianobacteris: <i>Cyanobium</i> ; <i>Oscillatoria</i> . Bacteris: <i>Arthrobacter</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Paracoccus</i> . Fongs: <i>Bacillus subtilis</i> ; <i>Micrococcus luteus</i> ; <i>Penicillium chrysogenum</i> ; <i>Aspergillus</i> spp.; <i>Alternaria</i> ; <i>Aspergillus</i> ; <i>Penicillium</i> ; <i>Phoma</i> ; <i>Fusarium</i> ; <i>Cladosporium</i> .
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Palla, 2020) (Rotolo, et al., 2016)

Font de l'oli essencial	<i>Allium sativum</i> (All)
S'ha provat en béns de	Paper, marbre
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Bacteris no esporulats: <i>Bacillus</i> sp. i <i>Bacillus polimixa</i> Algues verdes: <i>Chlorella</i> . Cianobacteris: <i>Cyanobium</i> ; <i>Oscillatoria</i> Bacteris: <i>Arthrobacter</i> ; <i>Bacillus</i> ; <i>Micrococcus</i> ; <i>Paracoccus</i> . Fongs: <i>Alternaria</i> ; <i>Aspergillus</i> ; <i>Penicillium</i> ; <i>Phoma</i> ; <i>Fusarium</i> ; <i>Cladosporium</i> ; <i>Aspergillus niger</i> ; <i>Aspergillus clavatus</i> ; <i>Penicillium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp.; <i>Aspergillus flavus</i> ; <i>Bacillus subtilis</i> ; <i>Micrococcus luteus</i> ; <i>Penicillium chrysogenum</i> ; <i>Aspergillus</i> spp. BAIXA EFICÀCIA CONTRA: Bacteris esporulats: <i>Bacillus cereus</i> ; <i>Bacillus thuringiensis</i> ; <i>Streptomyces</i> sp
Aplicació directa	Sí
Efectes en els materials constitutius	- L'oli essencial pur no va afectar l'estructura, mida o textura de les fibres del paper abans o després de provocar un envelliment accelerat del paper. - Els papers amb oli essencial d'all al 7,5% i al 12,5% (en etanol al 70%) van tenir un baix descens de pH després d'un envelliment accelerat del paper, molt semblant al descens de pH que va patir el paper de control (sense oli essencial). -En concentracions baixes d'oli essencial en etanol al 70% es redueixen els danys a la cel·lulosa.
Referències	(Gómez De Saravia, et al., 2011) (Borrego, et al., 2016) (Palla, 2020) (Rotolo, et al., 2016)

Font de l'oli essencial	<i>Cinnamomum zeylanicum</i> (Canyeller)
S'ha provat en béns de	Tela
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus niger</i> ; <i>Penicillium funiculosum</i> ; <i>Trichoderma viride</i> . Bacteris: <i>Streptomyces rutgersensis</i> ; <i>Bacillus megaterium</i> ; <i>Pseudomonas fluorescents</i> .
Aplicació directa	Sí
Efectes en els materials constitutius	No es van observar canvis significatius en els paràmetres òptics, mecànics i estructurals dels tèxtils després de la desinfecció.
Referències	(Matusiak, et al., 2018)

Font de l'oli essencial	<i>Thymus capitatus</i> (Farigola capitada)
S'ha provat en béns de	Paper, fusta, pedra, seda, maó.
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Bacteris: <i>Escherichia coli</i> ; <i>Kocuria rhizophila</i>
Aplicació directa	Sí, en marbre mitjançant nano-càpsules carregades de l'oli essencial.
Efectes en els materials constitutius	No es va observar cap canvi estructural a la pedra després del tractament amb la suspensió aquosa que contenia nanopartícules.
Referències	(Romano, et al., 2020)

Font de l'oli essencial	Marduix
S'ha provat en béns de	Pintures a l'oli arqueològiques
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus niger</i> ; <i>Alternaria alternata</i> .
Aplicació directa	Sí (en simulacions de la pintura arqueològica)
Efectes en els materials constitutius	L'oli essencial no ha tingut efectes secundaris en els models de pintura arqueològica simulats.
Referències	(Elsayed & Shabana, 2018)

Font de l'oli essencial	Càmfora
S'ha provat en béns de	Pintures a l'oli arqueològiques
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus niger</i> ; <i>Alternaria alternata</i>
Aplicació directa	Sí, en simulacions de la pintura arqueològica
Efectes en els materials constitutius	L'oli essencial no ha tingut efectes secundaris en els models de pintura arqueològica simulats.
Referències	(Elsayed & Shabana, 2018)

Font de l'oli essencial	Camamilla de Matricària
S'ha provat en béns de	Manuscrits arqueològics
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus niger</i> ; <i>A. flavus</i> ; <i>A. terreus</i> ; <i>Fusarium culmorum</i> .
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(EL-Hefny, Elgat, Al-Huqail, & Ali, 2019)

Font de l'oli essencial	<i>Cinnamomum cassia</i>
S'ha provat en béns de	Fusta i cuir
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> ; <i>Paecilomyces</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Pandey & Srivastava, 1995)

Font de l'oli essencial	<i>Trachyspermum ammi</i>
S'ha provat en béns de	Fusta i cuir
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> ; <i>Paecilomyces</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Pandey & Srivastava, 1995)

Component de l'OE	Cinamaldehyd (Component majoritari de l'OE de canyella)
S'ha provat en béns de	Fusta, pedra, cuir
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Algues: <i>Chlorella sp.</i> Cianobacteri: <i>Chroococcus sp.</i> Fongs: <i>Torula sp.</i> ; <i>Aspergillus</i> ; <i>Penicillium</i> ; <i>Paecilomyces</i> . BAIXA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Coniophora puteana</i> . NUL·LA EFICÀCIA CONTRA: Insectes: <i>Hylotrupes bajulus</i> (corcs grans).
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Axinte, Cuzman, Feci, Palanti, & Tiano, 2011) (Pandey & Srivastava, 1995)

Component de l'OE	Timol (Component majoritari del OE de farigola)
S'ha provat en béns de	Paper, fusta, cuir
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus</i> ; <i>Penicillium</i> ; <i>Paecilomyces</i> . NUL·LA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Chaetomium</i> ; <i>Phoma Glomerata</i> ; <i>Scopulariopsis</i> .
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Martínez Carrión & Rocabayera Viñas, 2011) (Pandey & Srivastava, 1995)

Font de l'oli essencial	<i>Rosmarinus officinalis</i> (Romaní)
S'ha provat en béns de	Fusta, pedra
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Bipolaris spicifera</i> ; <i>Epicoccum nigrum</i> ; <i>Aspergillus niger</i> ; <i>Aspergillus ochraceus</i> ; <i>Trichoderma viride</i> .
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	

Font de l'oli essencial	<i>Lavandula angustifolia</i> (Espígol)
S'ha provat en béns de	Paper fusta, pedra
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus niger</i> ; <i>A. fumigatus</i> ; <i>A. repens</i> ; <i>Cladosporium herbarum</i> ; <i>Penicillium frequentans</i> ; <i>Trichoderma viride</i> ; <i>Chaetomium globosum</i> ; <i>Paecilomyces variotii</i> ; <i>Stachybotrys atra</i> ; <i>Bipolaris spicifera</i> ; <i>Epicoccum nigrum</i> ; <i>Aspergillus ochraceus</i> .
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Rakotonirainy & Lavédrine, 2005)

Font de l'oli essencial	Eucalyptus citriodora
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Bacteris: <i>Bacillus polymyxa</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Streptomyces sp.</i> , i <i>Enterobacter agglomerans</i> Fongs: <i>Scopulariopsis sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Penicillium sp.</i> , i <i>Fusarium sp.</i>
Aplicació directa	Sí
Efectes en els materials constitutius	No afecta l'acidesa dels papers ni l'aparença dels papers.
Referències	(Gómez De Saravia, et al., 2011)

Font de l'oli essencial	Pinus caribaea
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Bacteris: <i>Bacillus polymyxa</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Bacillus sp.</i> , <i>Streptomyces sp.</i> , i <i>Enterobacter agglomerans</i> Fongs: <i>Scopulariopsis sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Penicillium sp.</i> , i <i>Fusarium sp.</i>
Aplicació directa	Sí
Efectes en els materials constitutius	No afecta l'acidesa dels papers ni l'aparença dels papers.
Referències	(Gómez De Saravia, et al., 2011)

Font de l'oli essencial	<i>Ocimum basilicum</i> (alfàbrega)
S'ha provat en béns de	Paper, pintures a l'oli arqueològiques, pintura mural
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Penicillium sp.</i> i <i>Mucor sp.</i> ; <i>Aspergillus niger</i> i <i>Alternaria alternata</i> ; <i>Alternaria tenuissima</i> , <i>Pestalotia sp.</i>
Aplicació directa	Sí, en simulacions de pintures arqueològiques.
Efectes en els materials constitutius	L'oli essencial no ha tingut efectes secundaris en els models de pintura arqueològica simulats.
Referències	(Fierascu, et al., 2013) (Elsayed & Shabana, 2018) (Marco, et al., 2019)

Font de l'oli essencial	Te bord
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus niger</i> ; <i>A. fumigatus</i> ; <i>A. repens</i> ; <i>Cladosporium herbarum</i> ; <i>Penicillium frequentans</i> ; <i>Trichoderma viride</i> ; <i>Chaetomium globosum</i> ; <i>Paecilomyces variotii</i> ; <i>Stachybotrys atra</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Rakotonirainy & Lavédrine, 2005)

Font de l'oli essencial	<i>Syzygium aromaticum</i> (Clau d'espècia)
S'ha provat en béns de	Paper, pintures a l'oli arqueològiques, art contemporani fet de menjar
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Bacteris Grampositius: <i>Bacillus polymyxa</i> ; <i>Bacillus cereus</i> ; <i>Bacillus thuringiensis</i> ; <i>Bacillus sp.</i> ; <i>Streptomyces sp.</i> ; <i>Bacillus subtilis</i> Fongs: <i>Aspergillus niger</i> ; <i>Aspergillus clavatus</i> ; <i>Penicillium sp.</i> ; <i>Fusarium sp.</i> ; <i>Aspergillus flavus</i> ; <i>Penicillium aurantiogriseum</i> ; <i>Alternaria alternata</i> ; <i>Penicillium rugulosum</i> . NUL·LA EFICÀCIA CONTRA: Bacteris Gramnegatius: <i>Enterobacter agglomerans</i> .
Aplicació directa	Si, en paper, en simulacions de la pintura arqueològica i en art contemporani.
Efectes en els materials constitutius	SOBRE BÉNS DE PAPER - L'oli essencial pur no va afectar l'estructura, mida o textura de les fibres del paper abans o després de provocar un envelliment accelerat del paper. - Concentracions de superiors al 12,5% d'oli essencial en etanol al 70% van danyar-lo molecularment i estèticament. - L'oli essencial de clau al 50% (en etanol al 70%) provoca un gran descens del pH en papers envellits artificialment. - En concentracions baixes d'oli essencial en etanol al 70% es redueixen els danys a la cel·lulosa. SOBRE SIMULACIONS PINTURES ARQUEOLÒGIQUES - L'oli essencial no ha tingut efectes secundaris en els models de pintura arqueològica simulats. SOBRE ART CONTEMPORANI FET DE MENJAR - L'activitat bacteriana i fúngica, limitada a <i>Bacillus subtilis</i> i <i>Penicillium rugulosum</i> , va resultar ser igual o inferior a la detectada en altres sales del museu on els nivells d'activitat microbiològica estaven dins de la normalitat en un espai obert al públic. - L'oli essencial va permetre prolongar la conservació de certs aliments presents en la instal·lació.
Referències	(Gómez De Saravia, et al., 2011) (Valdés, Borrego, Vívar, Anaya, & Molina, 2016) (Borrego, et al., 2016) (Elsayed & Shabana, 2018) (Museu d'Art Contemporani de Barcelona, s.f.)

Font de l'oli essencial	<i>Cuminum cyminum</i> (Comí)
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Bacteris: <i>Bacillus polymyxa</i> ; <i>Bacillus cereus</i> ; <i>Bacillus thuringiensis</i> ; <i>Bacillus sp.</i> ; <i>Enterobacter agglomerans</i> ; <i>Streptomyces sp.</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Gómez De Saravia, et al., 2011)

Font de l'oli essencial	<i>Laurus nobilis</i> (Llorer)
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BAIXA EFICÀCIA CONTRA: Bacteris: <i>Bacillus polymyxa</i> ; <i>Bacillus cereus</i> ; <i>Bacillus thuringiensis</i> ; <i>Bacillus sp.</i> ; <i>Enterobacter agglomerans</i> ; <i>Streptomyces sp.</i> Fongs <i>Aspergillus niger</i> ; <i>Aspergillus clavatus</i> ; <i>Penicillium sp.</i> ; <i>Fusarium sp.</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Gómez De Saravia, et al., 2011)

Font de l'oli essencial	Farigola
S'ha provat en béns de	Paper, fusta
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Scopulariopsis sp.</i> ; <i>Fusarium sp.</i> ; <i>Aspergillus niger</i> ; <i>Aspergillus clavatus</i> ; <i>Penicillium sp.</i> ; <i>Fusarium sp.</i> ; <i>Aspergillus flavus</i> . Bacteris: <i>Bacillus polymyxa</i> ; <i>Bacillus cereus</i> ; <i>Bacillus thuringiensis</i> ; <i>Bacillus sp.</i> ; <i>Streptomyces sp.</i> ; <i>Enterobacter agglomerans</i> . Insectes: <i>Anobium punctatum</i> (corcs comuns).
Aplicació directa	Sí
Efectes en els materials constitutius	L'oli essencial no va afectar a les propietats mecàniques o òptiques del paper.
Referències	(Lavin, Gómez de Saravia, & Guiamet, 2015) (Gómez De Saravia, et al., 2011) (Pietrzak, et al., 2017) (Palla, Bruno, Mercurio, Tantillo, & Rotolo, 2020)

Font de l'oli essencial	<i>Pimpinella anisum</i> (Anís)
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus niger</i> ; <i>Aspergillus clavatus</i> ; <i>Penicillium sp.</i> ; <i>Fusarium sp.</i> NUL·LA EFICÀCIA CONTRA: Bacteris: <i>Bacillus polymyxa</i> ; <i>Bacillus cereus</i> ; <i>Bacillus thuringiensis</i> ; <i>Bacillus sp.</i> ; <i>Enterobacter agglomerans</i> ; <i>Streptomyces sp.</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Gómez De Saravia, et al., 2011)

Component de l'OE	Eugenol (Component majoritari del OE de clau)
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Chaetonium</i> ; <i>Phoma Glomerata</i> ; <i>Scopulariopsis</i> .
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Martínez Carrión & Rocabayera Viñas, 2011)

Component de l'OE	Citronel·lol (Component majoritari del OE de citronella)
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	NULA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Chaetonium</i> , <i>Phoma Glomerata</i> , <i>Scopulariopsis</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Martínez Carrión & Rocabayera Viñas, 2011)

Component de l'OE	Linalol (Component majoritari del OE d'espígol)
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus. niger</i> ; <i>A. fumigatus</i> ; <i>A. repens</i> ; <i>Cladosporium herbarum</i> ; <i>Penicillium frequentans</i> ; <i>Trichoderma viride</i> ; <i>Chaetomium globosum</i> ; <i>Paecilomyces variotii</i> ; <i>Stachybotrys atra</i>
Aplicació directa	Si
Efectes en els materials constitutius	- No va afectar la brillantor dels dos tipus de paper provat - No va afectar al seu grau de polimerització de la cel·lulosa - Va reduir el pH dels papers
Referències	(Rakotonirainy & Lavédrine, 2005)

Font de l'oli essencial	<i>Melaleuca alternifolia</i> (Arbre del te)
S'ha provat en béns de	Paper, marbre
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus. niger</i> ; <i>A. fumigatus</i> ; <i>A. repens</i> ; <i>Cladosporium herbarum</i> ; <i>Penicillium frequentans</i> ; <i>Trichoderma viride</i> ; <i>Chaetomium globosum</i> ; <i>Paecilomyces variotii</i> ; <i>Stachybotrys atra</i> ; <i>Alternaria</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Phoma</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Cladosporium</i> Algues verdes: <i>Chlorella</i> Cianobacteris: <i>Cyanobium</i> , <i>Oscillatoria</i> Bacteris: <i>Arthrobacter</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Paracoccus</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Rakotonirainy & Lavédrine, 2005)

Font de l'oli essencial	Artemísia
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus. niger</i> ; <i>A. fumigatus</i> ; <i>A. repens</i> ; <i>Cladosporium herbarum</i> ; <i>Penicillium frequentans</i> ; <i>Trichoderma viride</i> ; <i>Chaetomium globosum</i> ; <i>Paecilomyces variotii</i> ; <i>Stachybotrys atra</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Rakotonirainy & Lavédrine, 2005)

Font de l'oli essencial	Boldo
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus. niger</i> ; <i>A. fumigatus</i> ; <i>A. repens</i> ; <i>Cladosporium herbarum</i> ; <i>Penicillium frequentans</i> ; <i>Trichoderma viride</i> ; <i>Chaetomium globosum</i> ; <i>Paecilomyces variotii</i> ; <i>Stachybotrys atra</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Rakotonirainy & Lavédrine, 2005)

Font de l'oli essencial	Eucaliptus
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus. niger</i> ; <i>A. fumigatus</i> ; <i>A. repens</i> ; <i>Cladosporium herbarum</i> ; <i>Penicillium frequentans</i> ; <i>Trichoderma viride</i> ; <i>Chaetomium globosum</i> ; <i>Paecilomyces variotii</i> ; <i>Stachybotrys atra</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Rakotonirainy & Lavédrine, 2005)

Font de l'oli essencial	Ravensara aromàtica
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus. niger</i> ; <i>A. fumigatus</i> ; <i>A. repens</i> ; <i>Cladosporium herbarum</i> ; <i>Penicillium frequentans</i> ; <i>Trichoderma viride</i> ; <i>Chaetomium globosum</i> ; <i>Paecilomyces variotii</i> ; <i>Stachybotrys atra</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Rakotonirainy & Lavédrine, 2005)

Font de l'oli essencial	Thuja occidentalis
S'ha provat en béns de	Paper
Eficàcia en front de la biodeterioració	BONA EFICÀCIA CONTRA: Fongs: <i>Aspergillus. niger</i> ; <i>A. fumigatus</i> ; <i>A. repens</i> ; <i>Cladosporium herbarum</i> ; <i>Penicillium frequentans</i> ; <i>Trichoderma viride</i> ; <i>Chaetomium globosum</i> ; <i>Paecilomyces variotii</i> ; <i>Stachybotrys atra</i>
Aplicació directa	No
Efectes en els materials constitutius	-
Referències	(Rakotonirainy & Lavédrine, 2005)

9 BIBLIOGRAFIA

- Adams, D. R. (2017). *Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass spectrometry, ed. 4.1*. Allured publishing.
- Akhtar, M. S., Swamy, M. K., & Sinniah, U. R. (2019). *Natural Bio-active Compounds Volume 1: Production and Applications*. Singapur: Springer.
- Axinte, L., Cuzman, O.-A., Feci, E., Palanti, S., & Tiano, P. (Març de 2011). Cinnamaldehyde, a potential active agent for the conservation of wood and stone religious artefacts. *European Journal of Science and Theology, March 2011, Vol.7, No7, No.1, 7(1)*, 25-34.
- Berger, R. G. (2007). *Flavours and Fragrances: Chemistry Bioprocessing and Sustainability*. Hannover: Springer.
- Bhuiyan, M. N., Begum, J., Sardar, P. K., & Rahman, M. S. (2009). Constituents of Peel and Leaf Essential Oils of Citrus Medica L. *Journal of Scientific Research, 1(2)*, 387–392. doi:10.3329/jsr.v1i2.1760
- Borrego, S., Saravia, S. G., Valdés, O., Vivar, I., Battistoni, P., & Guiamet, P. (Abril-Juny / 2016). Biocidal activity of two essential oils on fungi that cause degradation of paper documents. *International Journal of Conservation Science, 7(2)*, 369-380.
- Bull, D. I. (Gener de 2008). *Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS)*. Recollit de <http://www.bris.ac.uk/nerclsmf/techniques/gcms.html>
- Burnham, P. M. (Març de 2008). *Limonene. The industrial degreasing agent found in orange peel*. Recollit de <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/limonene/limoneneh.htm>
- Cayman Chemical. (s.f.). *Patchouli Alcohol*. Recollit de <https://www.caymanchem.com/product/18450/patchouli-alcohol>
- Center for Public Environmental Oversight. (s.f.). *Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)*. Recollit de <http://www.cpeo.org/techtree/ttdescript/msgc.htm>
- Chun, W., DeJun, Y., ShiLin, H., & Qun, T. (2000). Determination of toxicity of plant essential oils to museum insect pests. *Journal of Southwest Agricultural University, 22(6)*, 494-495.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (s.f.). *Cromatografía de gases*. Recollit de https://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/cromatografia_de_gases.pdf
- Corral Mendoza, C. G. (2019). *Formulación de un removedor a base de aceites esenciales (naranja, eucalipto) para cinta adhesiva de control de bienes de la Memoria Documental y de Acervo Histórico Patrimonial de la Universidad Central del Ecuador*. Quito.
- EL-Hefny, M., Elgat, W. A., Al-Huqail, A. A., & Ali, H. M. (Novembre de 2019). Essential and Recovery Oils from Matricaria chamomilla Flowers as Environmentally Friendly Fungicides Against Four Fungi Isolated from Cultural Heritage Objects. *Processes, 7(11)*, 809. doi:10.3390/pr7110809
- Elsayed, Y., & Shabana, Y. (Gener de 2018). The effect of some essential oils on aspergillus niger and alternaria alternata infestation in archaeological oil paintings. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry, 18(3)*, 71-87. doi:10.5281/zenodo.1461616

El-Shemy, H. (2018). *Potential of Essential Oils*. London: IntechOpen.

Emwas, A.-H. (Febrer de 2015). *Schematic plot of the main components of GC–MS instruments*. Recollit de https://www.researchgate.net/figure/Schematic-plot-of-the-main-components-of-GC-MS-instruments_fig1_273955959

Fiebach, K., & Grimm, D. (2007). "*Resins, Natural*", *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (7th ed.). EILLEY-VCH.

Fierascu, I., Ion, R. M., Radu, M., Dima, S. O., Bunghez, I. R., Avramescub, S. M., & Fierascu, R. C. (Setembre de 2013). Comparative study of antifungal effect of natural extracts and essential oils of ocimum basilicum on selected artefacts. *Revue Roumaine de Chimie*, 59(3-4), 207-211.

FoodB. (s.f.). *Showing Compound 1-nitro-2-phenylethane (FDB029701)*. Recollit de <https://foodb.ca/compounds/FDB029701>

FoodB. (s.f.). *Showing Compound Butanal (FDB003378)*. Recollit de <https://foodb.ca/compounds/FDB003378>

Geweely, N. S., Afifi, H. A., Ibrahim, D. M., & Soliman, M. M. (Decembre de 2018). Efficacy of Essential Oils on Fungi Isolated from Archaeological Objects in Saqqara Excavation, Egypt. *Geomicrobiology Journal*, 36(2), 148-168. doi:10.1080/01490451.2018.1520938

Gómez De Saravia, S. G., Borrego, S., Lavin, P., Valdés, O., Battistoni, P., & Guiamet, P. (2011). Aceites esenciales y extractos vegetales en el control del biodeterioro del patrimonio documental argentino y cubano. *2do. Congreso Iberoamericano y X Jornadas "Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio"*. La Plata.

Hernando, A. M. (2002). *Aplicación de la microextracción en fase sólida al análisis medioambiental*. Universitat Rovira i Virgili , Tarragona. Recollit de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8988/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ISO. (2013). *ISO 9235:2013(en) Aromatic natural raw materials — Vocabulary*. Recollit de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9235:ed-2:v1:en>

Kumar, A., Varshney, V. K., Singh, M., Rawat, M., Martinez, J. R., & Stashenko, E. E. (Juliol de 2013). Chemical Composition of the Essential Oil of Morina longifolia Wall. Leaves. *Journal of Herbs Spices & Medicinal Plants*, 19(4), 348–356. doi:10.1080/10496475.2013.800624

Lavin, P., Gómez de Saravia, S., & Guiamet, P. (Abril de 2015). Scopulariopsis sp. and Fusarium sp. in the Documentary Heritage: Evaluation of Their Biodeterioration Ability and Antifungal Effect of Two Essential Oils. *Microbial Ecology*, 71(3), 628-633. doi:10.1007/s00248-015-0688-2

Leyva, M. A., Ferrada, P. J., Martínez, J. R., & Stashenko, E. E. (2007). Rendimiento y composición química del aceite esencial de zingiber officinale en función del diámetro de partícula. *Scientia et Technica Año XIII*(33), 187-188.

Marco, A., Santos, S., Caetano, J., Pintado, M., Vieira, E., & Moreira, P. R. (Gener de 2019). Basil essential oil as an alternative to commercial biocides against fungi associated with black stains in mural painting. *Building and Environment*, 167, 9. doi:10.1016/j.buildenv.2019.106459

Martínez Carrión, R., & Rocabayera Viñas, R. (2011). Els olis essencials. Conservació preventiva en el control microbiològic. *UNICUM*(10), 135-41. Recollit de <https://www.raco.cat/index.php/UNICUM/article/view/287941>

Martínez, A. (2003). *Universidad de antioquia aceites esenciales*. Medellín.

Matusiak, K., Machnowski, W., Wrzosek, H., Polak, J., Rajkowska, K., Śmigielski, K., . . . Gutarowska, B. (Juliol de 2018). Application of Cinnamomum zeylanicum essential oil in vapour phase for heritage textiles disinfection. *International Biodeterioration & Biodegradation Volume 131*, 131, 88-96. doi:10.1016/j.ibiod.2017.02.011

Museu d'Art Contemporani de Barcelona . (s.f.). Conservació de material orgànic comestible com a objecte d'art Santa Comida, Miralda. Recollit de: <https://www.macba.cat/ca/art-artistes/sobre-colleccio-macba/conservacio/santa-comida>

National Institute of Standards and Technology. (s.f.). *Mint sulfide*. Recollit de <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=R604445>

Ocampo, R., Ríos, L. A., Betancur, L. A., & Ocampo, D. M. (2008). *Curso práctico de química orgánica. Enfocado a biología y alimentos*. Universidad de Caldas.

Ormsby, M. (Juliol de 2005). Analysis of laminated documents using solid-phase microextraction. *Journal of the American Institute of Conservation*, 44(1), 13-26. doi:10.1179/019713605806082400

Palla, F. (2020). *Biotechnology and Cultural Heritage Conservation*. *Heritage*.doi: 10.5772/intechopen.90669

Palla, F., Bruno, M., Mercurio, F., Tantillo, A., & Rotolo, V. (Febrer de 2020). Essential Oils as Natural Biocides in Conservation of Cultural Heritage. *Molecules*, 25(3), 11. doi:10.3390/molecules25030730

Pandey, V., & Srivastava, A. (1995). Prevention of fungal damage to our cultural heritage of wood and leather by volatile constituents of higher plants. En C. S. Chiraporn Aranyanak, *Biodeterioration of cultural property 3: proceedings of the 3rd international conference on biodeterioration of cultural property, July 4-7, 1995, Bangkok, Thailand*. Bangkok.

Peredo-Luna, Palou-Garcia, & López-Malo. (2009). Aceites esenciales: Métodos de extracción. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 3(1), 24-32.

Pietrzak, K., Otlewska, A., Danielewicz, D., Dybka, K., Pangallo, D., Kraková, L., . . . Gutarowska, B. (Març-Abril / 2017). Disinfection of archival documents using thyme essential oil, silver nanoparticles misting and low temperature plasma. *Journal of Cultural Heritage*, 24, 69-77. doi:10.1016/j.culher.2016.10.011

Raj, G. M., & Raveendran, R. (2019). *Introduction to Basics of Pharmacology and Toxicology: Volume 1: General and Molecular Pharmacology: Principles of Drug Action*. Singapore: Springer Nature.

Rakotonirainy, M. S., & Lavédrine, B. (Març de 2005). Screening for antifungal activity of essential oils and related compounds to control the biocontamination in libraries and archives storage areas. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 55(2), 141-147. doi:10.1016/j.ibiod.2004.10.002

Romano, I., Granata, G., Poli, A., Finore, I., Napoli, E., & Geraci, C. (Març / 2020). Inhibition of bacterial growth on marble stone of 18th century by treatment of nanoencapsulated essential oils. *International Biodeterioration & Biodegradation Volume 148*, 148. doi:10.1016/j.ibiod.2020.104909

Rotolo, V., Barresi, G., Carlo, E. D., Giordano, A., Lombardo, G., Crimi, E., . . . Palla, F. (Gener de 2016). Plant extracts as green potential strategies to control the biodeterioration of cultural heritage. *International journal of conservation science Volume 7, Special Issue 2*, 7(1), 839-846.

Sánchez, M. F. (2006). *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes*. AIYANA.

Savković, Ž., Stupar, M., Grbić, M. V., & Vukojević, J. (Abril de 2016). Comparison of anti-Aspergillus activity of Origanum vulgare L. essential oil and commercial biocide based on silver ions and hydrogen peroxide. *Acta Botanica Croatica*, 75(1), 121-128. doi: 10.1515/botcro-2016-0011

Sheffield Hallam University. (s.f.). *Gas chromatography*. Recollit de <https://teaching.shu.ac.uk/hwb/chemistry/tutorials/chrom/gaschrom.htm>

Sigma-Aldrich. (s.f.). *Citronellic acid*. Recollit de <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/303429?lang=es®ion=ES>

Siqueira, R. J., Macedo, F. I., Interaminense, L. d., Duarte, G. P., Magalhães, P. J., Brito, T. S., . . . Lahlou, S. (2010). 1-Nitro-2-phenylethane, the main constituent of the essential oil of Aniba canelilla, elicits a vago-vagal bradycardiac and depressor reflex in normotensive rats. *European Journal of Pharmacology*, 638(1-3), 90-98. doi:10.1016/j.ejphar.2010.03.060

Slovak University of Technology in Bratislava. (s.f.). *Aldehydes and Ketones*. Recollit de http://www.chof.stuba.sk/~szolcsanyi/education/files/Organicka%20chemia%20II/Prednaska%204_Aldehydy%20a%20ketony_Reakcie%20I/Odporucane%20studijne%20materialy/Aldehydes%20and%20Ketones.pdf

Stein, G. (Gener de 1992). *Sesquiterpenoids: The Lost Dimension of Perfumery*. Recollit de <https://www.perfumerflavorist.com/fragrance/application/multiuse/Sesquiterpenoids-The-Lost-Dimension-of-Perfumery-370958261.html>

Stewart, D. (2005). *The Chemistry of Essential Oils Made Simple: God's Love Manifest in Molecules*. Missouri: Care Publications.

Stupar, M., Grbić, M. L., Džamić, A., Unković, N., Ristić, M., Jelikić, A., & Vukojević, J. (Juliol de 2014). Antifungal activity of selected essential oils and biocide benzalkonium chloride against the fungi isolated from cultural heritage objects. *South African Journal of Botany*, 93, 118-124. doi:10.1016/j.sajb.2014.03.016

ThermoFisher scientific. (s.f.). *Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS) Information*. Recollit de <https://www.thermoFisher.com/es/es/home/industrial/mass-spectrometry/mass-spectrometry-learning-center/gas-chromatography-mass-spectrometry-gc-ms-information.html>

Tisserand, R. (març de 2016). *Linalool content in different essential oils*. Recollit de <http://www.basenotes.net/threads/419751-Linalool-content-in-different-essential-oils-Robert-Tisserand>

Torres, E. R., Moreno, R. S., Tamayo, Y. V., Hermosilla, R. E., & Guillén, Z. G. (2014). Estudio de la actividad antibacteriana del aceite esencial de los rizomas de Curcuma Longa L. *Química Viva*, 13(2), 123-129.

Udourioh, G. A., & Etokudoh, M. F. (September de 2014). Essential Oils and Fatty Acids Composition of Dry Fruits of Tetrapleura tetraptera. *Sciences and Environmental Management*, 18(3), 419-424.

Universidad de Jaen. (s.f.). *http://www4.ujaen.es*. Recollit de *http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/Tema6.pdf*

Universitat Autònoma de Barcelona. (2016). *Cromatografia de gases*. Recollit de *http://sct.uab.cat/saq/es/content/cromatograf%C3%AD-de-gases*

Valdés, O., Borrego, S., Vivar, I., Anaya, M., & Molina, A. (2016). Actividad antifúngica del aceite esencial de clavo de olor en el control del biodeterioro fúngico de documentos. *Revista CENIC. Ciencias biológicas*, 47(2), 78-85.

Vito, M. D., Sclocchi, M. C., Girolamo, A., & Mondello, F. (2015). Application of essential oils in cultural heritage: state of art. *III Congresso Nazionale Società Italiana Ricerca sugli Oli Essenziali S.I.R.O.E..coorganizzato da Associazione Volontari Policlinico Tor Vergata o.n.l.u.s.. TMA.* . Roma.

Wikipedia. (Novembre de 2019). *Mass spectrometry*. Recollit de *https://simple.wikipedia.org/wiki/Mass_spectrometry*